



IPB University
— Bogor Indonesia —



Co-funded by the
European Union



CLIMATE
RESILIENT
AND INCLUSIVE
CITIES



UCLG
ASPAC
United Cities and
Local Governments
Asia-Pacific

LATIHAN PENETAPAN 'BASELINE'

[MITIGASI]

MODUL **3**



Université
Gustave Eiffel



[MITIGASI]

MODUL 3

LATIHAN PENETAPAN
'BASELINE'

Dalam Kegiatan:

CLIMATE ACTION PLAN
MODULE DEVELOPMENT
AND TRAINING

(UCLG-ASPAC: United
Cities and Local
Governments Asia-Pacific)

Disusun Oleh:

Rizaldi Boer
Muhammad Ardiansyah
Febrian Hadinata
La Ode Muhammad Abdul Wahid
Gito Sugih Immanuel
Ratu Aliah Sanada
Dewi Sulistyowati

Dikembangkan Oleh:

CENTER FOR CLIMATE
RISK AND OPPORTUNITY
MANAGEMENT SOUTHEAST
ASIA AND PACIFIC - IPB
UNIVERSITY

PUSAT PENGELOLAAN RISIKO
DAN PELUANG IKLIM ASIA
TENGGERA DAN PASIFIK

IPB UNIVERSITY

Kata Pengantar



Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya penyusunan buku modul **"Panduan Inventarisasi Gas Rumah Kaca"** ini. Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi yang komprehensif dan praktis bagi berbagai pihak, termasuk pemerintah, sektor swasta, akademisi, organisasi masyarakat, dan komunitas lokal, dalam melaksanakan inventarisasi gas rumah kaca (GRK) secara efektif dan sesuai standar yang berlaku.

Inventarisasi GRK merupakan langkah fundamental dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan melakukan pengukuran, pelaporan, dan verifikasi emisi GRK yang sistematis, kita dapat memahami sumber dan tingkat emisi, serta mengidentifikasi peluang mitigasi yang dapat mendukung pencapaian target penurunan emisi nasional (NDC) dan komitmen internasional lainnya. Buku ini hadir untuk memenuhi kebutuhan akan panduan teknis yang dapat diimplementasikan secara luas, baik di tingkat nasional, sub-nasional, maupun sektoral.

Buku modul ini mencakup penjelasan tentang prinsip dasar GRK, metode penghitungan emisi dan serapan karbon, dan tahapan implementasi inventarisasi GRK. Tidak hanya itu, buku ini juga dilengkapi dengan studi kasus dan latihan untuk membantu pembaca memahami dan menerapkan konsep serta metode yang disajikan.

Kami menyadari bahwa upaya penyusunan buku ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, baik berupa masukan, data, maupun pengalaman praktis yang sangat berharga. Kami juga terbuka terhadap kritik dan saran untuk menyempurnakan panduan ini agar lebih relevan dan bermanfaat di masa mendatang.

Semoga buku modul ini dapat memberikan manfaat yang nyata dalam mendukung upaya penurunan emisi GRK di Indonesia dan menjadi bagian dari solusi global untuk menghadapi tantangan perubahan iklim.

Tim Penyusun

Daftar Isi

03	Kata Pengantar	05	Daftar Gambar	05	Daftar Tabel	07	Bab 1 Pendahuluan
08	Bab 2 Metode Proyeksi Tingkat Emisi Acuan					77	Bab 3 Penutup
	2.1. ENERGI						08
	2.1.1. Proyeksi Emisi Berdasarkan Tren						09
	2.1.2. Proyeksi Berdasarkan Intensitas Energi Final						10
	2.1.3. Proyeksi Berdasarkan Pangsa Konsumsi Energi per Sektor Sesuai Data Konsumsi Energi Nasional						11
	2.1.4. Membuat Proyeksi Emisi 'Baseline'						13
	2.2. IPPU						19
	2.2.1. Penentuan Tingkat Emisi Tahun-i						19
	2.2.2. Rekapitulasi Emisi Sektor IPPU						25
	2.2.3. Pembentukan Emisi 'Baseline' Kota 'X' (Sektor IPPU)						33
	2.3. AFOLU						33
	2.3.1. Peternakan						
	2.3.2. Pertanian						33
	2.3.3. Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lain						42
	2.4. LIMBAH						44
	2.4.1. Sub-sektor Persampahan (Limbah Padat Domestik)						45
	2.4.2. Sub-sektor Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Domestik						56
	2.4.3. Emisi CH ₄ dan N ₂ O dari Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Industri						67
	2.4.4. Tren Emisi 'Baseline' Kota 'X' (Sektor Limbah)						74

Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Proyeksi Emisi 'Baseline' Energi Sektor Transportasi Kota 'X'	10
Gambar 2.2.	Perbandingan Proyeksi Emisi 'Baseline' dan Mitigasi Sektor Transportasi Kota 'X'	11
Gambar 2.3.	Langkah-langkah untuk Menghitung Proyeksi Emisi 'Baseline' dan Inventori GRK	14
Gambar 2.4.	Grafik Hasil Contoh Perhitungan Inventori GRK Tahun 2010-2020	16
Gambar 2.5.	Grafik Hasil Contoh Perhitungan Proyeksi 'Baseline' Emisi GRK dan Potensi Mitigasi	18
Gambar 2.6.	Proyeksi Emisi BAU Fermentasi Entrik Sapi Potong Tahun 2013 – 2030 Berdasarkan Tren Data Aktivitas Sapi Potong 2013 – 2020	35
Gambar 2.7.	'Worksheet' Perhitungan Emisi Metana Budidaya Padi Sawah	38
Gambar 2.8.	'Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' Pemupukan Urea (ton CO ₂)	39
Gambar 2.9.	'Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' N ₂ O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah) Tahun 2016	39
Gambar 2.10.	'Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' N ₂ O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah) Tahun 2030	40
Gambar 2.11.	Rekapitulasi Emisi 'Baseline' N ₂ O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah Tahun 2016-2030	40
Gambar 2.12.	Worksheet Perhitungan Emisi 'Baseline' N ₂ O Tidak Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah)	41
Gambar 2.13.	Emisi 'Baseline' N ₂ O pada Lahan yang Dikelola (dari Budidaya Padi Sawah)	42
Gambar 2.14.	Data dasar (2010 – 2022) dan Proyeksi Data Dasar (2023 – 2030)	45
Gambar 2.15.	Volume Sampah Terkelola di Kota 'X'	46
Gambar 2.16.	Distribusi Kelola Sampah Kota 'X'.	47
Gambar 2.17.	Proyeksi Distribusi Kelola Sampah Kota 'X' dalam Skenario BAU.	48
Gambar 2.18.	Proyeksi Volume Sampah Terkelola di Kota 'X' dalam Skenario BAU.	48
Gambar 2.19.	Data (2010-2022) dan Proyeksi (2023 – 2030) Komposisi Sampah.	49
Gambar 2.20.	Data (2010-2022) dan Proyeksi (2023 – 2030) Bahan Kering Sampah.	49
Gambar 2.21.	Input Data Parameter	51

Gambar 2.22. Input Tipe TPA di Sheet MCF dalam Skenario BAU	52
Gambar 2.23. Timbulan dan Komposisi Sampah dalam Skenario BAU	53
Gambar 2.24. Input Kandungan Bahan Kering dalam Skenario BAU	54
Gambar 2.25. Input Data 'Methane Recovery' dan Faktor Oksidasi dalam Skenario BAU	54
Gambar 2.26. Tingkat emisi metana (Gg CH ₄) dari Sisa Makanan dalam Skenario BAU	55
Gambar 2.27. Rekapitulasi Emisi dari Berbagai Komponen Sampah dalam Skenario BAU.	55
Gambar 2.28. Distribusi Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Domestik	56
Gambar 2.29. Estimasi Tingkat Emisi CH ₄ (2010 – 2030) dalam Skenario BAU.	57
Gambar 2.30. Estimasi Tingkat Emisi N ₂ O (2010 – 2030) dalam Skenario BAU.	63
Gambar 2.31. Input data dan Proyeksi Data Produksi per Tipe Industri	68
Gambar 2.32. Estimasi nilai TOW dan Tingkat Emisi CH ₄ dari Pengolahan di IPAL dan Pembuangan (Efluen) IPAL ke Badan Air.	68
Gambar 2.33. Estimasi Total Nitrogen dan Emisi N ₂ O Akibat Pengolahan di IPAL dan Pembuangan Efluen di Badan Air	71
Gambar 2.34. Rekapitulasi Emisi per Tipe Gas dalam Skenario BAU	72
Gambar 2.35. Tren Tingkat dan Intensitas Emisi dalam Skenario BAU	75
Gambar 2.36. Nilai GWP yang Dapat Dipilih.	75
Gambar 2.37. Tren Emisi 2010 – 2030 Sektor Limbah pada Skenario 'Baseline'	76

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Data Emisi 'Baseline' Sektor Transportasi Kota 'X'	09
Tabel 2.2. Contoh Perhitungan 'Baseline' Emisi GRK atas Konsumsi Premium 2010-2020 berdasarkan Data Konsumsi Tahun 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020.	16
Tabel 2.3. Contoh Perhitungan 'Baseline' Emisi GRK dan Inventori Emisi GRK tahun 2021-2030	18
Tabel 2.4. Data Aktivitas dari Proses Industri dan Penggunaan Produk (Terkait GRK) di Kota 'X'	19
Tabel 2.5. Tingkat Emisi Sektor IPPU Tahun 2019	31
Tabel 2.6. Intensitas Emisi Kota 'X' untuk Sektor IPPU	32

BAB 1



PENDAHULUAN

Salah satu tantangan yang selama ini dihadapi dalam proses inventarisasi GRK yaitu mengenai kelengkapan dan keakuratan data. Hal ini menjadi permasalahan mendasar karena akan mempengaruhi tahapan-tahapan selanjutnya. Kekurangan pada tahap pengumpulan data ini dapat berakibat pada hasil perhitungan yang tidak menggambarkan kondisi riil dengan baik, sehingga akan berpengaruh juga pada penentuan aksi mitigasi dan target penurunan emisi yang tepat. Oleh sebab itu, perbaikan sistem pengumpulan data aktivitas sangat diharapkan untuk dapat terwujud secepatnya.

Metode-metode dalam penentuan emisi acuan telah tersedia dalam panduan IPCC secara lengkap, meski demikian dalam beberapa kondisi diperlukan penyesuaian-penyesuaian mandiri oleh kota/kabupaten dengan masukan dari tim ahli. Pemilihan metode yang digunakan juga harus didasarkan pada alasan ilmiah dan penjelasan tersebut dituangkan dalam pelaporan.

Setiap sektor yang ada memiliki karakteristik dan tantangan tersendiri, sehingga terkadang satu pendekatan tidak dapat diimplementasikan pada semua sektor. Dalam hal ini, diperlukan pula arahan dari para ahli di sektor emisi GRK masing-masing.

BAB 2 METODE PROYEKSI TINGKAT EMISI ACUAN



2.1. ENERGI



Ada beberapa parameter utama yang dapat digunakan dalam membuat proyeksi emisi *baseline*, diantaranya adalah:



Produk Domestik
Regional Bruto/PDRB
(Data dan Proyeksi)



Jumlah Penduduk
(Data dan Proyeksi)



Konsumsi Energi
per Kapita



Tren Data
Historis



Pangsa Konsumsi
Energi per Sektor
sesuai Data Nasional



Tren NDC
Indonesia



Rencana Produksi
Batubara, Minyak Bumi,
dan Gas Bumi

2.1.1. Proyeksi Emisi Berdasarkan Tren

Cara paling mudah untuk menentukan proyeksi emisi *baseline* adalah dengan menggunakan tren. Metode ini membutuhkan data inventori historis yang lengkap. Jika ada data yang kosong, dapat dilakukan *gap filling* yang sesuai. Misalkan terdapat data historis dari tahun a hingga tahun b, maka pertumbuhan atau tren emisi dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \left(E_b / E_a \right)^{(1/(b-a))} - 1$$

$$E_{b+i} = E_b \times (1+T)^i$$

Di mana:

T : Tren
E_b : Emisi tahun b
E_a : Emisi tahun a
E_{b+i} : Emisi tahun b+i
i : 1, 2, 3, ...

Contoh perhitungan

Tabel 31. | Data Emisi 'Baseline' Sektor Transportasi Kota 'X'

NO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Emisi Sektor Transportasi (ribu ton CO2e)	717	790	860	884	867	833	847	875	911	928

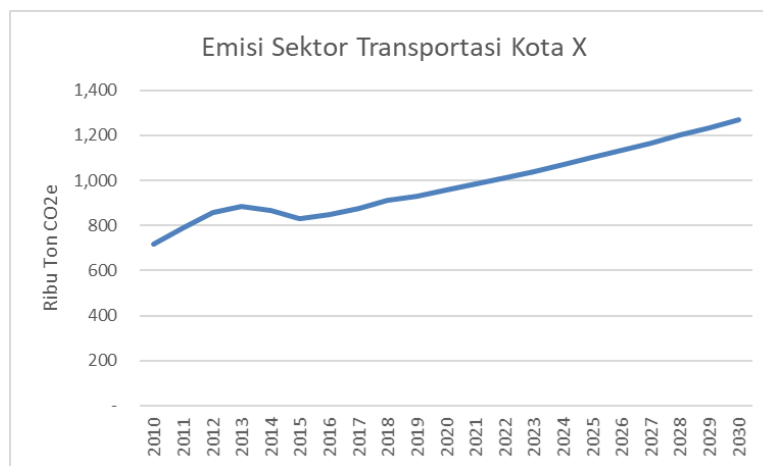
Berdasarkan data pada **Tabel 2.1**, maka kita dapat menghitung tren sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T &= \left(E_b / E_a \right)^{(1/(b-a))} - 1 \\
 &= \left(928 / 717 \right)^{(1/(2019 - 2010))} - 1 \\
 &= 0,029 \\
 &= 2,9\%
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan formula di atas, maka proyeksi emisi untuk tahun 2020 – 2030 dapat dilakukan dengan cara:

- $E_{2020} = E_{2019} * (1+T) = 928 * (1 + 2,9\%) = 955$ ribu ton CO₂e
- $E_{2021} = E_{2019} * (1+T)^2 = 928 * (1 + 2,9\%)^2 = 1.011$ ribu ton CO₂e
- $E_{2022} = E_{2019} * (1+T)^3 = 928 * (1 + 2,9\%)^3 = 1.040$ ribu ton CO₂e
- ... dan seterusnya

Sehingga diperoleh proyeksi emisi *baseline* seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 | Proyeksi Emisi Baseline Energi Sektor Transportasi Kota X

2.1.2. Proyeksi Berdasarkan Intensitas Energi Final

Dasar hukum yang mendasari penggunaan intensitas energi ini adalah Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang menyebutkan bahwa sasaran pencapaian KEN adalah tercapainya Elastisitas Energi lebih kecil dari 1 (satu) pada tahun 2025 yang diselaraskan dengan target pertumbuhan ekonomi dan tercapainya penurunan Intensitas Energi final sebesar 1% (satu) persen per tahun sampai dengan tahun 2025.

Contoh perhitungan

Dari proyeksi emisi sektor transportasi Kota "X" yang sudah diperoleh di atas, kita ingin menghitung proyeksi skenario mitigasi akibat perbaikan efisiensi sebesar 1% per tahun sesuai KEN. Maka perhitungan emisi skenario energi sektor transportasi Kota "X" dapat dihitung dengan rumus:

$$E_{\text{mitigasi},i} = E_{\text{baseline},1} * (1 - ((i-n) * 1\%))$$

Di mana:

$E_{\text{mitigasi}, i}$: Emisi skenario mitigasi tahun i

$E_{\text{baseline}, i}$: Emisi baseline tahun i

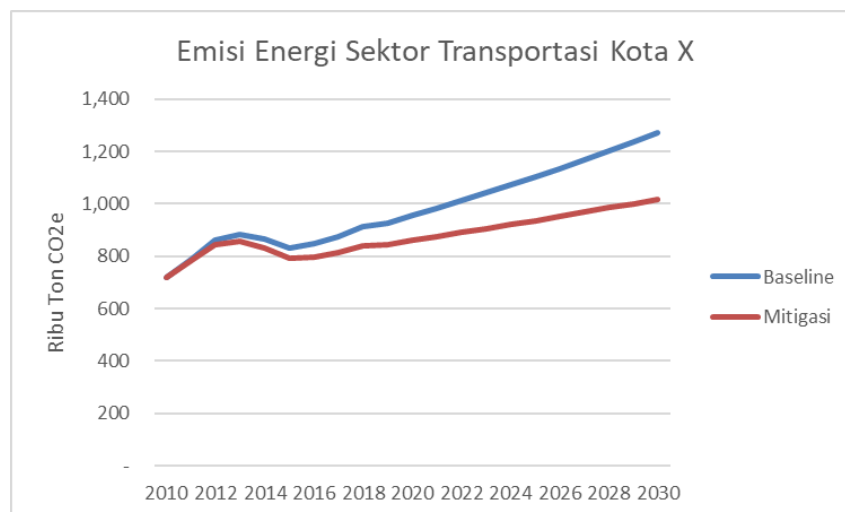
n : Tahun dasar

i : Tahun

Dengan formula di atas, maka emisi skenario mitigasi untuk tahun 2010 – 2030 dapat dilakukan dengan cara:

- $E_{\text{mitigasi}, 2010} = E_{\text{baseline}, 2010} * (1 - ((2010-2010)*1\%)) = E_{\text{baseline}, 2010} = 717$ ribu ton CO₂e
- $E_{\text{mitigasi}, 2011} = E_{\text{baseline}, 2011} * (1 - ((2011-2010)*1\%)) = 790 * 0,99 = 782$ ribu ton CO₂e
- $E_{\text{mitigasi}, 2012} = E_{\text{baseline}, 2012} * (1 - ((2012-2010)*1\%)) = 790 * 0,98 = 842$ ribu ton CO₂e
- ... dan seterusnya

Dengan demikian diperoleh proyeksi emisi mitigasi seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 | Perbandingan Proyeksi Emisi Baseline dan Mitigasi Sektor Transportasi Kota

2.1.3. Proyeksi Berdasarkan Pangsa Konsumsi Energi per Sektor Sesuai Data Konsumsi Energi Nasional

Jika data konsumsi energi di Kota A sama sekali tidak tersedia, maka untuk menghitung konsumsi energi di Kota A tersebut dapat dilakukan dengan mempertimbangkan data konsumsi energi final nasional. Untuk itu diperlukan data pembandingan yang sesuai dan dikoreksi mempertimbangkan kondisi riil yang terjadi di Kota A tersebut.

Beberapa data pembandingan yang sesuai yang dapat digunakan untuk menghitung konsumsi energi final per sektor di Kota A dengan mempertimbangkan data konsumsi energi final nasional adalah sebagai berikut:

- Konsumsi energi final Sektor Industri di Kota A dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Konsumsi}_{\text{Industri,Kota A,y}} = \text{Konsumsi}_{\text{industri,Nas,y}} * \frac{\text{PDRB}_{\text{industri,Kota A,y}}}{\text{GDP}_{\text{industri,Nas,y}}}$$

- Konsumsi energi final Sektor Transportasi di Kota A dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Konsumsi}_{\text{Transportasi,Kota A,y}} = \text{Konsumsi}_{\text{industri,Nas,y}} * \frac{\text{Total Kendaraan}_{\text{industri,Kota A,y}}}{\text{Total Kendaraan}_{\text{industri,Nas,y}}}$$

- Konsumsi energi final Sektor Rumah Tangga di Kota A dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Konsumsi}_{\text{RT,Kota A,y}} = \text{Konsumsi}_{\text{RT,Nas,y}} * \frac{\text{Penduduk}_{\text{Kota A,y}}}{\text{Penduduk}_{\text{Nas,y}}}$$

- Konsumsi energi final Sektor Komersial di Kota A dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Konsumsi}_{\text{Komersial,Kota A,y}} = \text{Konsumsi}_{\text{Komersial,Nas,y}} * \frac{\text{PDRB}_{\text{Komersial,Kota A,y}}}{\text{GDP}_{\text{Komersial,Nas,y}}}$$

- Konsumsi energi final Sektor Nelayan di Kota A dihitung dengan menggunakan rumus

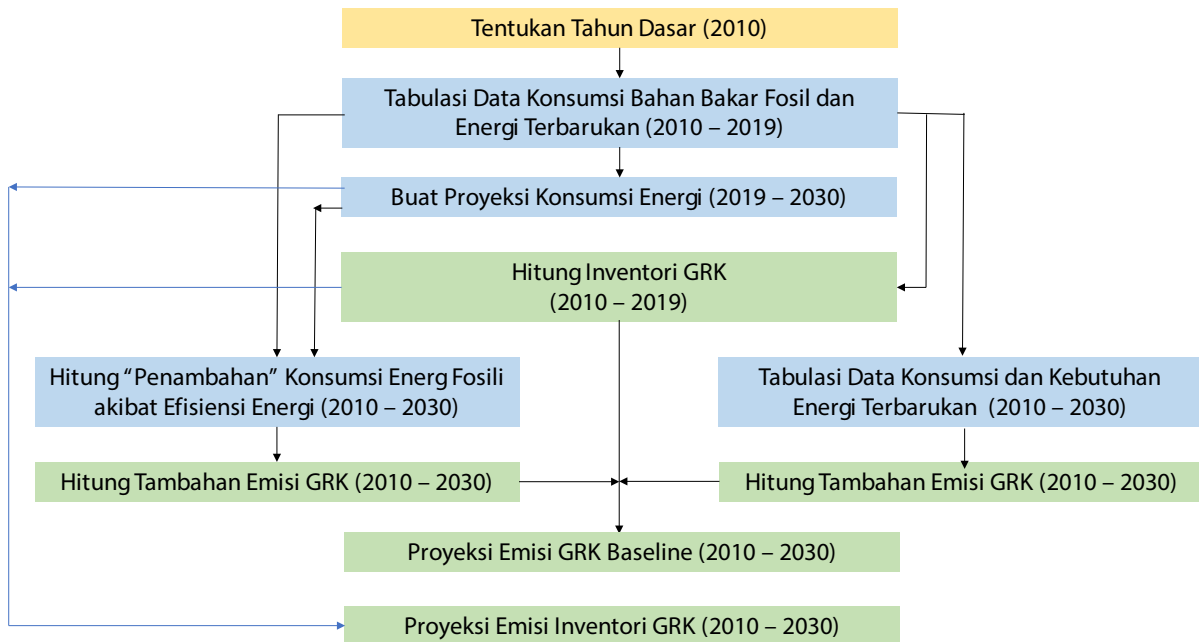
$$\text{Konsumsi}_{\text{Komersial,Kota A,y}} = \text{Konsumsi}_{\text{Komersial,Nas,y}} * \frac{\text{PDRB}_{\text{Komersial,Kota A,y}}}{\text{GDP}_{\text{Komersial,Nas,y}}}$$

Selanjutnya, hasil perhitungan konsumsi energi di Kota A tersebut dijustifikasi dengan melihat kondisi aktual pasokan energi yang terjadi di Kota A. Sebagai contoh, pasokan biosolar belum mencakup semua wilayah di Indonesia. Oleh karena itu, ketika data nasional diekstrak menjadi data Kota A, maka biosolar dianggap sebagai minyak solar, jika belum terjadi pasokan biosolar. Demikian halnya untuk gas bumi. Jika tidak ada pasokan gas bumi di Kota A, maka perhitungan nilai konsumsi gas bumi di Kota A dikonversi menjadi minyak solar atau biosolar. Dengan catatan, jumlah energi konsumsi minyak solar (TJ) sama dengan nilai konsumsi energi gas bumi (TJ).

2.1.4. MEMBUAT PROYEKSI EMISI 'BASELINE'

Untuk melakukan penghitungan emisi *baseline* yang akan digunakan sebagai dasar untuk menghitung potensi mitigasi GRK, maka perlu dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2.3** sebagai berikut:

- Tentukan tahun dasar. Tahun dasar disamakan dengan tahun dasar NDC supaya aksi mitigasi atas "biaya kota/kabupaten" dapat disampaikan sebagai kontribusi daerah dalam mitigasi GRK ke NDC.
- Kumpulkan data realisasi konsumsi bahan bakar fosil (avtur, avgas, bensin, Pertalite, Pertamina, Pertamina plus, minyak tanah, minyak solar, biosolar, Pertadex, Pertadex plus, minyak diesel, minyak bakar, LPG, gas bumi, batubara, kayu bakar, listrik, dan lainnya). Data konsumsi bahan bakar dan listrik diupayakan dapat dikumpulkan sebanyak mungkin dari pemasok energi (Pertamina, PGN, PLN, badan usaha lainnya, OPD, dan lainnya). Jika data tidak lengkap, maka lakukan *gap filling analysis* sesuai dengan metode yang ditetapkan IPCC.
- Berdasarkan data "realisasi" konsumsi bahan bakar dan listrik, maka dapat dilakukan proyeksi kebutuhan energi yang mempertimbangkan tren dan/atau GDP dan penduduk.
- Hitung "realisasi" inventori GRK tahun 2010 sd 2019 dengan mempertimbangkan **IPCC Guidelines 2006** dan **Refinement 2019 RPCC-2006**.
- Berdasarkan data konsumsi dan proyeksi bahan bakar fosil dan biomassa maka dapat dihitung proyeksi inventori emisi GRK tahun 2020-2030 yang akan digunakan sebagai batas bawah emisi GRK.
- Berdasarkan data "realisasi" konsumsi bahan bakar fosil dan energi terbarukan, maka dapat dihitung potensi penambahan "konsumsi energi fosil dan listrik" serta "konsumsi energi terbarukan" jika tidak berlangsung kegiatan efisiensi energi dan pemanfaatan energi terbarukan (biodiesel, panas bumi, surya, angin, biomassa, air, dll).
- Dengan "potensi" penambahan konsumsi energi fosil, listrik, dan energi terbarukan tersebut maka dapat dihitung seberapa besar "proyeksi" emisi *baseline* tahun 2010 sd 2030.
- Selisih antara proyeksi emisi *baseline* dengan proyeksi inventori emisi GRK merupakan aksi mitigasi.
- Selisih emisi *baseline* dan emisi inventori dapat ditelusuri dengan mencatat semua data dan aksi mitigasi yang telah berlangsung di kota/kabupaten tersebut.



Gambar 2.3 | Langkah-langkah untuk Menghitung Proyeksi Emisi 'Baseline' dan Inventori GRK

Contoh Perhitungan Inventori GRK 2010-2020:

Diketahui data penjualan Premium RON-88 hanya tahun 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. Data tersebut perlu diperkirakan mulai tahun 2010 karena disepakati bahwa tahun dasar adalah tahun 2010. Untuk memperkirakan data yang kosong dan menghitung inventori GRK tahun 2010 sd 2020, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut yang hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 2.2**:

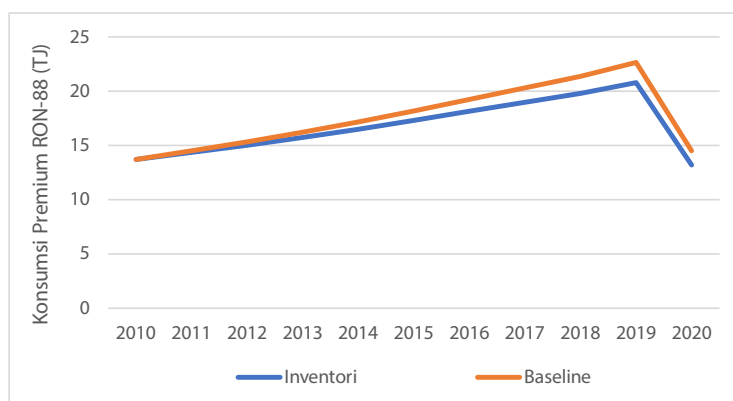
- Lakukan *gap analysis* untuk data kosong tahun 2015 dengan cara interpolasi atau menjumlahkan data tahun 2014 dan 2016 lalu dibagi 2, sehingga diperoleh penjualan Premium tahun 2015 sebesar 525 KL ([Lihat Step-1 pada Tabel 2.2](#)). Setelah itu, hitung pertumbuhan penjualan Premium RON-88 selama tahun 2015 sd 2020. Nampak bahwa pada tahun 2020 terjadi pertumbuhan minus sebagai akibat terjadinya Pandemi COVID-19.

- Cari data pertumbuhan PDRB pertahun pada Statistik BPS Kota dalam Angka selama tahun 2010 sd 2020.
- Lakukan perhitungan perbandingan pertumbuhan tahun 2014 sd 2020 antara pertumbuhan penjualan Premium RON-88 dengan pertumbuhan PDRB. Nampak terjadi perbandingan intensitas pertumbuhan konsumsi terhadap PDRB pada tahun 2020 sangat mencolok karena akibat Pandemi COVID-19 ([Lihat Step-2](#)).
- Buat rata-rata intensitas pertumbuhan konsumsi terhadap PDRB selama tahun 2015 sd 2019. Nilai intensitas pertumbuhan konsumsi terhadap pertumbuhan PDRB pada tahun 2020 diabaikan karena anomali ([Lihat Step-3](#))
- Gunakan angka rata-rata intensitas pertumbuhan konsumsi terhadap pertumbuhan PDRB untuk memperkirakan pertumbuhan

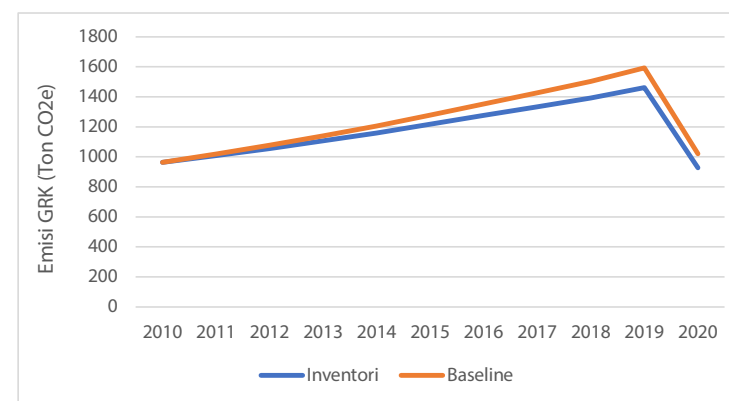
- penjualan atau konsumsi tahun 2010 sd 2014 (**Lihat Step-4**). Caranya adalah mengalikan hasil perhitungan rata-rata pertumbuhan intensitas (Step-3) dengan data pertumbuhan PDRB tahun 2010 sd 2015.
- Lakukan perhitungan mundur perkiraan penjualan atau konsumsi Premium RON-88 mulai tahun 2013 sd tahun 2010 (**Lihat Step-5**). Caranya adalah dengan mengalikan data konsumsi Premium Ron-88 tahun 2014 dengan (1 dikurangi pertumbuhan konsumsi tahun 2014). Lakukan *step* ini hingga berhasil diperkirakan data konsumsi Premium RON-88 tahun 2010.
 - Kumpulkan data Nilai Kalor Bersih (NCV) dan density Premium RON-88. Dalam contoh ini digunakan **NCV Tier-1 IPCC 2006** dan *density* BBM nasional. Dengan mengalikan data konsumsi Premium RON-88 (Step-5) dengan NCV dan density dibagi sejuta maka diperoleh nilai kalor BBM dari satuan KL menjadi satuan TJ (**Lihat Step-6**).
 - Kumpulkan data Faktor Emisi CO₂, CH₄, dan N₂O Premium RON-88 sesuai data **IPCC-2006**. Dalam hal ini, Faktor Emisi CH₄ dan N₂O Premium RON-88 menggunakan Faktor Emisi Mobil (Mudah Bergerak), bukan Faktor Emisi Statis, karena Premium diasumsikan digunakan oleh kendaraan bermotor.
 - Lakukan perhitungan emisi GRK CO₂, CH₄, dan N₂O dengan mengalikan data konsumsi Premium RON-88 dengan masing-masing Faktor Emisinya. Perlu diperhatikan satuan emisi dalam contoh ini adalah dalam satuan ton GRK, sehingga semua hasil pengalihan harus dikonversi kedalam satuan ton GRK (**Lihat Step-7, Step-8, dan Step-9**).
 - Langkah terakhir adalah jumlahkan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O menjadi CO₂e dengan mengalikan emisi CH₄ dan emisi N₂O dengan *Global Warming Potential* (GWP) masing-masing emisi GRK tersebut (**Lihat Step-10**). Dalam hal ini, GWP CH₄ adalah 21 dan GWP N₂O adalah 310, sesuai dengan hasil **Synthetic Assessment Report-II (SAR-II) IPCC**.

Tabel 2.2 | Contoh perhitungan 'Baseline' Emisi GRK atas Konsumsi Premium 2010-2020 berdasarkan Data Konsumsi tahun 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, dan 2020.

Spesifikasi	Step	Satuan	Umum	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Data Konsumsi Premium RON-88	data	KL						500		550	575	600	650	400
Gap Analysis 2015	1								525					
Konsumsi Premium RON-88	5	KL		415,61	435,16	455,14	477,04	500	525	550	575	600	630	400
Pertumbuhan konsumsi	4	%		4,49%	4,39%	4,59%	4,69%	4,59%	5,00%	4,76%	4,55%	4,35%	5,00%	-36,51%
Rata2 pertumbuhan konsumsi 2015 sd 2019			4,73%											
Data PDRB	data	%		4,5	4,4	4,6	4,7	4,6	4,5	4,4	4,8	5	5,1	-2
Intensitas pertumbuhan konsumsi thdp PDRB	2								0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,18
Rata2 pertumbuhan intensitas	3	0,01												
NCV	data	TJ/Gg	44,3											
Density	data	kg/m3	744,8											
Konsumsi Premium RON-88	6	TJ		13,71	14,36	15,02	15,74	16,50	17,32	18,15	18,97	19,80	20,79	13,20
Faktor Emisi	data	kgCO2/TJ	69300											
	data	grCH4/TJ	33											
	data	grN2O/TJ	3,2											
Emisi GRK	7	Ton CO2		950,31	995,00	1040,70	1090,78	1143,26	1200,43	1257,59	1314,75	1371,92	1440,51	914,61
	8	Ton CH4		0,00045	0,00047	0,00050	0,00052	0,00054	0,00057	0,00060	0,00063	0,00065	0,00069	0,00044
	9	Ton N2O		0,00004	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00007	0,00004
Inventori GRK	10	Ton CO2e		950,32	995,01	1040,71	1090,79	1143,28	1200,44	1257,61	1314,77	1371,94	1440,53	914,62
Pertumbuhan efisiensi konsumsi RON-88	data	1%	per tahun											
Baseline Konsumsi Premium RON-88	11	TJ		13,71	14,50	15,32	16,21	17,16	18,19	19,24	20,30	21,38	22,66	14,52



Perbandingan Konsumsi Premium RON-88 antara Inventori dengan Baseline



Perbandingan Emisi GRK antara Inventori dengan Baseline

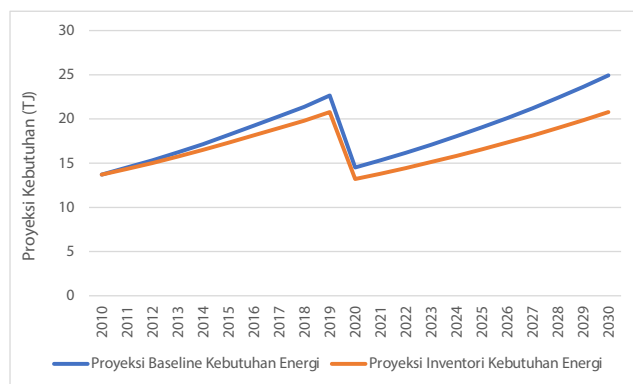
Contoh Perhitungan Proyeksi Baseline Emisi GRK dan Potensi Mitigasi:

Berdasarkan perhitungan inventori dan *baseline* emisi GRK tahun 2010 sd 2020 tersebut di atas, maka dapat dilakukan potensi *baseline* emisi GRK tahun 2030 dan potensi reduksi emisi GRK tahun 2030 dengan melakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

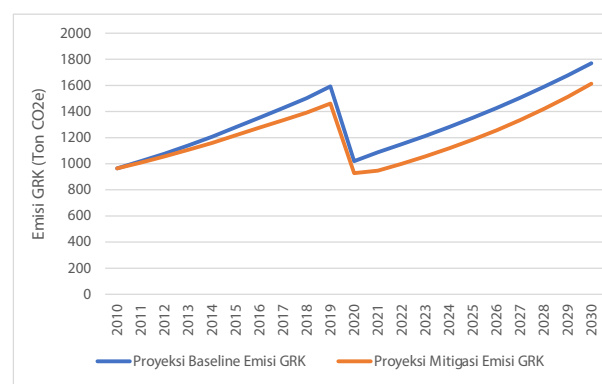
- Kumpulkan informasi atau data tentang proyeksi PDRB kota/kabupaten setempat, yang digunakan dalam berbagai keperluan untuk perencanaan kota/kabupaten.
- Hitung rata-rata pertumbuhan konsumsi Premium RON-88 selama tahun 2010 sd 2019 (*Step-16*). Nilai rata-rata pertumbuhan konsumsi ini dianggap akan terus akan berlangsung hingga tahun 2030. Hal ini berarti bahwa kebutuhan Premium tahun 2021 akan tumbuh sebesar nilai historis rata-rata pertumbuhan selama tahun 2010 sd 2019, dan seterusnya (*Step-17*).
- Konversi proyeksi kebutuhan Premium RON-88 dari satuan volume (KL) menjadi satuan energi (TJ), lihat *Step-18*.
- Alternatif kedua yang bisa dilakukan adalah membandingkan nilai proyeksi pertumbuhan PDRB dengan nilai rata-rata perbandingan pertumbuhan konsumsi Premium RON-88 dengan pertumbuhan PDRB selama tahun 2010 sd 2019 (nilai 2020 diabaikan karena terjadinya anomali), lihat *Step-19*.
- Hitung proyeksi kebutuhan Premium RON-88 dengan membagi masing-masing proyeksi pertumbuhan PDRB tahun 2021 sd 2020 dengan rata-rata pertumbuhan intensitas konsumsi energi terhadap PDRB tahun 2010 sd 2019 (*Step-20*).
- Hitung proyeksi kebutuhan Premium RON-88 dengan mengalihkan nilai kebutuhan Premium tahun sebelumnya dengan nilai pertumbuhan tahunan kebutuhan Premium RON-88 (*Step-21*).
- Dari 2 pendekatan tersebut untuk menghitung proyeksi kebutuhan Premium RON-88, maka pendekatan yang mengaitkan dengan proyeksi pertumbuhan PDRB merupakan pendekatan yang lebih akurat karena pertumbuhan kebutuhan akan menurun jika pertumbuhan PDRB menurun.
- Konversi proyeksi kebutuhan Premium RON-88 dari satuan volume (KL) ke satuan energi (TJ), *Step 22*.
- Hitung proyeksi emisi CO₂ inventori GRK atau lazim disebut dengan mitigasi GRK dengan mengalikan dengan Faktor Emisi CO₂ (*Step 23*). Lakukan hal yang sama untuk menghitung emisi CH₄ (*Step-24*) dan emisi N₂O (*Step-25*).
- Jumlahkan proyeksi emisi CO₂, emisi CH₄, dan emisi N₂O menjadi emisi CO₂e dengan mengalikan nilai GWP CH₄ sebesar 21 dan nilai GWP N₂O sebesar 310 (*Step-26*).
- Lanjutkan perhitungan kebutuhan energi baseline tahun 2020 menjadi kebutuhan energi tahun berikutnya yang diasumsi meningkat rata-rata 1%. Pertumbuhan 1% pertahun ini mulai berlangsung sejak tahun 2011, sehingga pada tahun 2030 akan terjadi kebutuhan energi *baseline* sebesar 20% terhadap kebutuhan energi mitigasi tahun 2030 (*Step-27*).
- Selanjutnya, lakukan perhitungan emisi *baseline* dengan mengalikan kebutuhan energi *baseline* dengan masing-masing Faktor Emisi CO₂ (*Step-28*), CH₄ (*Step-29*), dan N₂O (*Step-30*), dan jumlahkan menjadi emisi CO₂e (*Step-31*).

Tabel 2.3 | Contoh Perhitungan 'Baseline' Emisi GRK dan Inventori Emisi GRK tahun 2021-2030

Spesifikasi	Step	Satuan	Umum	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Data PDRB	data	%		1%	5%	5,10%	5,20%	5,33%	5,47%	5,60%	5,73%	5,87%	6,00%
Data realisasi pertumbuhan konsumsi Premium RON-88 tahun 2010 sd 2019	16	%	4,64%										
Proyeksi Kebutuhan Premium RON-88	17	KL		418,6	438,0	458,3	479,6	501,8	525,1	549,5	575,0	601,7	629,6
Proyeksi Kebutuhan Premium RON-88	18	TJ		13,81	14,45	15,12	15,82	16,56	17,33	18,13	18,97	19,85	20,77
Intensitas pertumbuhan konsumsi terhadap PDRB	19	%	1%										
Proyeksi Pertumbuhan Kebutuhan Premium RON-88	20		%	1,11	5,56	5,67	5,78	5,93	6,08	6,23	6,38	6,52	6,67
Proyeksi Kebutuhan Premium RON-88	21	KL		404	427	451	477	506	536	570	606	646	689
Proyeksi Kebutuhan Premium RON-88	22	TJ		13,34	14,09	14,89	15,75	16,68	17,69	18,80	19,99	21,30	22,72
Proyeksi Inventori Emisi GRK	23	Ton CO2	69300	925	976	1032	1091	1156	1226	1303	1386	1476	1574
	24	Ton CH4	33	0,44	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,62	0,66	0,70	0,75
	25	Ton N2O	3,2	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
	26	Ton CO2e		947	1.000	1.057	1.118	1.184	1.256	1.334	1.419	1.512	1.613
Baseline proyeksi kebutuhan premium RON-88	27	1%	TJ	15,33	16,19	17,09	18,04	19,04	20,10	21,21	22,39	23,62	24,93
Proyeksi Baseline emisi GRK	28	Ton CO2	69300	1062,34	1121,65	1184,19	1250,12	1319,61	1392,86	1470,07	1551,45	1637,21	1727,59
	29	Ton CH4	33	0,51	0,53	0,56	0,60	0,63	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82
	30	Ton N2O	3,2	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
	31	Ton CO2e		1088,17	1148,93	1212,98	1280,51	1351,70	1426,73	1505,82	1589,17	1677,02	1769,59



Realisasi dan Proyeksi Kebutuhan Energi 'Baseline' dan Mitigasi GRK



Realisasi dan Proyeksi Emisi GRK

Gambar 2.5 | Grafik Hasil Contoh Perhitungan Proyeksi 'Baseline' Emisi GRK dan Potensi Mitigasi

2.2. IPPU

2.2.1. PENENTUAN TINGKAT EMISI TAHUN -I



Data produksi dan konsumsi terkait sektor IPPU di Kota "X" tersaji dalam **Tabel 2.4**. Data dalam modul ini hanya contoh perhitungan (untuk latihan), silahkan pilih sesuai jenis industri/aktivitas yang ada di dalam wilayah administratif Kota/Kabupaten. Data mungkin bisa didapat dari Statistik Industri (ISIC) dari BPS, atau meminta informasi langsung ke Industri.

Tabel 2.4 | Data Aktivitas dari Proses Industri dan Penggunaan Produk (terkait GRK) di Kota 'X'

KATEGORI IPCC	TIPE DATA AKTIVITAS	UNIT	QTY (2019)	SUMBER DATA
2A1: Cement	Produksi <i>clinker</i> domestik	Ton	543.226	Data industri semen
2A2: Lime	Produksi kapur	Ton	1.670	ISIC - data produksi
2A3: Glass	Konsumsi karbonat			
	<i>Limestone CaCO₃</i>	Ton		
	<i>Dolomit CaMg (CO₃)₂</i>	Ton	49	ISIC - data bahan baku
	<i>Sodium carbonate (soda ash)</i>	Ton		
	<i>Calcium Carbonate Technical</i>	Ton		
2A4a: Ceramic	Konsumsi karbonat	Ton		
	<i>Limestone CaCO₃</i>	Ton		
	<i>Dolomit CaMg (CO₃)₂</i>	Ton		
	<i>Calcium Carbonate Technical</i>	Ton	26	ISIC - data bahan baku
	<i>Sodium carbonate (soda ash)</i>	Ton	2.738	ISIC - data bahan baku
2A4b: Other Use dari Soda Ash	Konsumsi soda abu	Ton	56.224	ISIC - data bahan baku
2B1: Ammonia	Produksi Amonia	Ton	72.245	data industri pupuk
	Produksi Urea	Ton	77.221	data industri pupuk
2B2: Nitric Acid	Produksi <i>Nitric Acid</i>	Ton	3.668	data Perindustrian
2B5: Carbide	Produksi <i>Calcium Carbide</i>	Ton	280	data Perindustrian
	Produksi <i>Silicon Carbide</i>	Ton	280	data Perindustrian
2B8a: Methanol	Produksi <i>Methanol</i>	Ton	7.160	data Perindustrian
2B8b: Ethylene	Produksi <i>Ethylene</i>	Ton	8.996	data Perindustrian
2B8c: Ethylene Dichloride	Produksi <i>Ethylene Dichloride</i>	Ton	10.297	data Perindustrian
2B8c: VCM	Produksi VCM	Ton	9.632	data Perindustrian
2B8f: Carbon Black	Produksi <i>Carbon Black</i>	Ton	853	data Perindustrian
2C1: Iron & Steel	BDARI <i>Production</i>	Ton	15.199	data Perindustrian
	DRI <i>Production</i>	Ton		
	Pig Iron <i>Production</i>	Ton	34.521	data Perindustrian
	EAF <i>Production</i>	Ton		

KATEGORI IPCC	TIPE DATA AKTIVITAS	UNIT	QTY (2019)	SUMBER DATA
2C3: Aluminum	Produksi aluminum	Ton	2.350	data Perindustrian
2C5: Lead	Produksi timbel	Ton	168.625	ISIC - data produksi
2C6: Zinc	Produksi zinc	Ton	47.987	ISIC - data produksi
Lubricant Use	Konsumsi pelumas domestik	TJ	15.812	olahan data ESDM
Paraffin Wax Use	Konsumsi paraffin domestik	TJ	265.504	olahan data ESDM
Pulp & Paper	Konsumsi soda abu	Ton	355	Asumsi dari data produksi
Food & Beverage	Konsumsi soda abu	Ton	123	ISIC - data bahan baku

2.2.1.1. Estimasi CO₂ dari produksi semen

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Mineral - Cement Production		
Kode Kategori	2A1		
Lembar	1 dari 1		
	C	D	E
Tipe dari Clinker	Massa dari <i>Clinker</i> Diproduksi di Satu Negara	Faktor Emisi <i>for the Clinker</i>	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ /ton <i>Clinker</i>)	(ton)
			E = C * D
Tipe <i>klinker</i> dalam negeri	543.226	0,552	299.861
Total			299.861

2.2.1.2. Estimasi CO₂ dari produksi kapur

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Mineral - Lime Production		
Kode Kategori	2A2		
Lembar	1 dari 1		
	A	B	C
Tipe dari Lime Diproduksi	Massa dari <i>Clinker</i> Diproduksi di Satu Negara	Faktor Emisi untuk Produksi Lime	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton lime)	(ton)
			C = A * B
Kapur Kembang, Lepatan, Tohor	1.670	0,75	1.253
		Total	1.253

2.2.1.3. Estimasi CO₂ dari produksi kaca

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Mineral – Produksi Kaca/Glass Production		
Kode Kategori	2A3		
Lembar	1 dari 1 CO ₂ Emisi dari Penggunaan Karbonat di Industri Kaca		
	A	B	C
Tipe dari Penggunaan Karbonat	Massa dari Karbonat yang Dikonsumsi	Faktor Emisi dari Konsumsi Karbonat	Emisi CO ₂
(ton)	(ton)	(ton CO ₂ / ton karbonat)	(ton)
	49		C = A * B
Batu Kapur (limestone) CaCO ₃	-	0,4397	
Dolomit CaMg(CO ₃) ₂	49	0,4773	
Kalsium Karbonat Teknis	0	0,4397	
Natrium Karbonat/Soda abu (Na ₂ CO ₃)	-	0,4149	
		Total	23,40

2.2.1.4. Estimasi CO₂ dari Proses Karbonat Lainnya

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Mineral - Other Process Uses dari Carbonates ¹⁾		
Kode Kategori	2A4a		
Lembar	1 dari 4 CO ₂ Emisi dari Ceramics		
	A	B	C
Tipe dari Penggunaan	Total konsumsi karbonat	Faktor Emisi Untuk Konsumsi Karbonat	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton karbonat)	(ton)
			C = A * B
	-	0,4397	0,00
Batu Kapur (limestone) CaCO ₃	-	0,4773	0,00
Dolomit CaMg(CO ₃) ₂	26	0,4397	11,29
Kalsium Karbonat Teknis	-	0,4149	0,00
Natrium Karbonat/Soda abu (Na ₂ CO ₃)			
		Total	11,29

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Mineral - Other Process Uses dari Carbonates		
Kode Kategori	2A4a		
Lembar	2 of 4 Emisi CO ₂ dari Other Uses of Soda Ash		
	A	B	C
Tipe dari Penggunaan	Total konsumsi karbonat	Faktor Emisi Untuk Konsumsi Karbonat	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton karbonat)	(ton)
			$C = A * B$
			$C = A * B$
Natrium Karbonat/ Soda abu (Na ₂ CO ₃)	56.224	0,4149	23328

2.2.1.5. Estimasi CO₂ dari proses produksi amonia

Jika menggunakan data penjualan amonia, maka tidak perlu dikoreksi dengan konsumsi CO₂ untuk produksi urea.

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk			
Kategori	Industri Kimia - Ammonia Production			
Kode Kategori	2B1			
Lembar	1 dari 2			
A	B	C	D	E
Jumlah dari Amonia yang Diproduksi	Kebutuhan Bahan Bakar untuk Produksi Amonia Production	Konten Karbon dari Bahan Bakar	Faktor Oksidasi Karbon dari Bahan Bakar	CO ₂ yang Dihasilkan
(ton)	(GJ/ton ammonia diproduksi)	(kg C/GJ)	(fraction)	(kg)
				$E = (A * B * C * D) * 44/12$
72.245	39,40	15,3	1	159.667.173

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk			
Kategori	Industri Kimia - Ammonia Production			
Kode Kategori	2B1			
Lembar	2 dari 2			
F	G	H	I	J
Jumlah dari Urea yang Diproduksi	Konsumsi CO2 untuk Produksi Urea	CO2 yang Dipulihkan (Recovered) untuk Produksi Urea	CO2 Emisi	Emisi CO ₂
(ton)	(kg CO2/ton Urea)	(kg)	(kg)	(ton)
		$H = F \times G$	$H = E - G$	$I = H/106$
77.221	811,13	62.636.700	97.030.473	97.030

2.2.1.6. Estimasi CO2 dari produksi asam nitrat

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia – Produksi Nitric Acid		
Kode Kategori	2B2		
Lembar	1 dari 1		
A	B	C	D
Total produksi nitric acid	Faktor Emisi	Emisi N ₂ O	Emisi N ₂ O
(ton)	(kg N ₂ O/ ton produksi asam nitrat/nitric acid)	(kg)	(ton)
6.406		$C = A * B$	$D = C/103$
3.668	9	33011	33,01
2.738	7	19169	19,17
-	4,5	0	0,00
-	7	0	0,00
		Total	52,18

2.2.1.7. Estimasi CO₂ dan CH₄ dari produksi karbida

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Karbida		
Kode Kategori	2B5		
Lembar	2 dari 6 Emisi CO ₂ (kalkulasi berdasarkan karbida diproduksi)		
	A	B	C
Tipe karbida diproduksi	Faktor Emisi	Emisi N ₂ O	Emisi N ₂ O
	Produksi karbida	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ /ton karbida diproduksi)	(ton)
			C = A * B
<i>Silicon Carbide (SiC)</i>	2.738	2,62	7175
<i>Calcium Carbide (CaC₂)</i>	280	1,09	305

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk	
Kategori	Industri Kimia - Produksi Karbida	
Kode Kategori	2B5	
Lembar	3 dari 6 Emisi CO ₂ dari penggunaan dari CaC ₂ dalam produksi acetylene	
A	B	C
Kalsium karbida yang digunakan dalam produksi acetylene	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
(ton)	(ton CO ₂ /ton karbida dikonsumsi)	(ton CO ₂)
		C = A * B
0	1,1	0

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Karbida		
Kode Kategori	2B5		
Lembar	6 dari 6 CH ₄ Emisi dari produksi silicon carbide (SiC)		
A	B	C	D
Produksi karbida	Faktor Emisi	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄
(ton)	(kg CH ₄ /ton karbida diproduksi)	(kg)	(ton)
		C = A * B	D = C/103
2738,38	11,6	31765	31,77

2.2.1.8. Estimasi CO₂ dan CH₄ dari produksi petrokimia dan black carbon

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia – Produksi Petrochemical & Carbon Black		
Kode Kategori	2B8		
Lembar	1 dari 12 Emisi CO ₂ dari produksi methanol		
	A	B	C
Tipe Proses/bahan baku	Total produksi methanol	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton methanol diproduksi)	(ton)
			C = A * B
Conventional Steam Reforming, Lurgi Conventional Process			
alam / Natural gas	7.160	0,385	2757
Total			2757

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black		
Kode Kategori	2B8		
Lembar	2 dari 12 Emisi CH ₄ dari Methanol Production		
A	B	C	D
Total produksi methanol	Faktor Emisi	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄
	(kg CH ₄ /ton metanol diproduksi)	(kg)	(ton)
		C = A * B	D = C/103
7.160	2,3	16468	16,47

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk			
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black			
Kode Kategori	2B8			
Lembar	3 dari 12 Emisi CO ₂ dari produksi ethylene			
	A	B	C	D
Tipe bahan baku	Total produksi Etilena (ethylene)	Faktor Emisi	Geographic Adjustment Factor	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton etilena (ethylene) yang diproduksi)	(%)	(ton)
				$D = A * B * C/100$
Naphta	8.996	1,73	130	20232
Total				20232

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk			
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black			
Kode Kategori	2B8			
Lembar	4 dari 12 Emisi CH ₄ dari produksi ethylene			
	A	B	C	D
Tipe bahan baku	Jumlah dari Etilena (Ethylene) yang Diproduksi	Faktor Emisi	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄
	(ton)	(kg CH ₄ / ton etilena/ ethylene diproduksi)	(kg)	(ton)
			$C = A * B$	$D = C/10^3$
Naphta	8.996	3	26988	26,99
Total				26,99

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black		
Kode Kategori	2B8		
Lembar	5 dari 12 Emisi CO ₂ dari produksi Ethylene Dichloride/Vinyl Chloride Monomer		
	A	B	C
Tipe proses	Total produksi Etilena Diklorida (<i>Ethylene Dichloride/EDC</i>) atau <i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM)	Faktor Emisi	Emisi CH ₄
	(ton EDC)	(ton CO ₂ / ton EDC diproduksi)	(ton)
			$C = A * B$
<i>Balanced Process, EDC</i>	10.297	0,191	1967
Balanced Process, VCM	9.632	0,294	2832
Total			4799

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk			
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black			
Kode Kategori	2B8			
Lembar	6 dari 12 Emisi CH ₄ dari Ethylene Dichloride/Vinyl Chloride Monomer Production			
Sektor	A	B	C	D
Tipe proses	Total produksi Etilena Diklorida (<i>Ethylene Dichloride/EDC</i>) atau <i>Vinyl Chloride Monomer</i> (VCM)	Faktor Emisi	Emisi CH ₄	Emisi CH ₄
	(ton EDC)	(kg CH ₄ /ton EDC diproduksi)	(kg)	(ton)
			$C = A * B$	$D = C/10^3$
<i>Integrated EDC/ VCM Production Plant</i>	19.930	0,0226	450	0,45
Total				0,45

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black		
Kode Kategori	2B8		
Lembar	11 of 12 Emisi CO ₂ dari Produksi Carbon Black		
	A	B	C
Tipe proses	Total produksi Karbon Hitam (Black Carbon)	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	(ton)	ton CO ₂ /	(kg)
			C = A * B
Furnace black process with thermal treatment	853	2,62	2.234
		Total	2234
Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Kimia - Produksi Petrochemical & Carbon Black		
Kode Kategori	2B8		
Lembar	12 of 12 Emisi CH ₄ dari Produksi Carbon Black		
Tipe proses	A Total produksi Karbon Hitam (Black Carbon) (ton)	B Faktor Emisi ton CO ₂ /	C Emisi CO ₂ (kg)
			C = A * B
Furnace black process with thermal treatment	853	2,62	2.234
		Total	0,05

2.2.1.8. Estimasi CO₂ dan CH₄ dari produksi petrokimia dan black carbon

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Logam – Produksi Timbel		
Kode Kategori	2C5		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari produksi timbel		
	A	B	C
Tipe sumber dan furnace	Total produksi timbel	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ /ton timbel diproduksi)	(ton)
			C = A * B
	1686	0,52	877
		Total	877

2.2.1.10. Estimasi CO₂ dari produksi seng

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Industri Logam – Produksi Zinc		
Kode Kategori	2C6		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari produksi zinc		
	A	B	C
Tipe proses	Total produksi zinc	Faktor Emisi	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ /ton zinc diproduksi)	(ton)
			$C = A * B$
	480	1,72	825
		Total	825

2.2.1.11. Emisi CO₂ dari penggunaan pelumas

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Penggunaan produk non-energi dari bahan bakar dan pelarut - pelumas		
Kode Kategori	2D1		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari penggunaan pelumas		
	A	B	C
Total konsumsi pelumas	Kandungan karbon pelumas	Fraksi Oxidized During Use (ODU factor)	Emisi CO ₂
(TJ)	(ton-C/TJ)	(fraksi)	(ton)
			$D = A * B * C * 44/12$
158	20	0,2	2319

2.2.1.12. Emisi CO₂ dari penggunaan lilin parafin

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Penggunaan produk non-energi dari bahan bakar dan pelarut - lilin parafin		
Kode Kategori	2D2		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari penggunaan lilin parafin		
	A	B	C
Total konsumsi lilin paraffin	Kandungan karbon lilin parafin	Fraksi Oxidized During Use (ODU factor)	Emisi CO ₂
(TJ)	(ton-C/TJ)	(fraksi)	(ton)
			$D = A * B * C * 44/12$
2655	20	0,2	38941

2.2.1.13. Emisi CO₂ dari penggunaan karbonat di industri pulp & paper

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Lainnya - Pulp and Paper		
Kode Kategori	2H1		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari penggunaan soda abu dalam industri pulp & paper		
	A	B	C
Tipe penggunaan	Total konsumsi karbonat	Faktor emisi untuk konsumsi karbonat	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton karbonat)	(ton)
			C = A * B
Natrium Karbonat/ Soda abu (Na ₂ CO ₃)	355	0,4149	147,30

2.2.1.14. Emisi CO₂ dari penggunaan karbonat di industri makanan & minuman

Sektor	Proses Industri & Penggunaan Produk		
Kategori	Lainnya – Makanan & Minuman		
Kode Kategori	2H2		
Lembar	1 dari 1 Emisi CO ₂ dari penggunaan soda abu di industri makanan minuman		
	A	B	C
Tipe penggunaan	Total konsumsi karbonat	Faktor emisi untuk konsumsi karbonat	Emisi CO ₂
	(ton)	(ton CO ₂ / ton karbonat)	(ton)
			C = A * B
Natrium Karbonat/ Soda abu (Na ₂ CO ₃)	123	0,4149	51,04

2.2.2. REKAPITULASI EMISI SEKTOR IPPU

Berdasarkan hasil estimasi, didapatkan emisi total sektor IPPU sebesar 592.489 ton CO₂ (Tabel 2.5). Global Warming Potential (GWP) mengacu pada laporan Second Assessment Report (SAR) untuk 100-year time horizon, yaitu: (a) GWP CO₂ = 1; (b) GWP CH₄ = 21; dan (c) GWP N₂O = 310. Nilai GWP ini dapat diupdate ke nilai GWP yang ada di laporan TAR, AR-4, atau AR-5. Selanjutnya,

karena IPPU terkait dengan ton produk (untuk tiap jenis industri), dan terkait GDP Industri Pengolahan untuk level Kota, maka intensitas emisi dapat disajikan ton CO₂e/ton produk (per jenis industri), dan ton CO₂e/GDP (akumulasi Kota), lihat **Tabel 2.6**. GDP yang dipakai adalah PDRB ADHK 2010 (utk industri pengolahan).

Tabel 2.5 | Tingkat Emisi Sektor IPPU Tahun 2019

KATEGORI IPCC		TIPE DATA AKTIVITAS	TINGKAT EMISI (TON CO ₂ E)
2A1	Cement	Domestic Clinker Production	299.861
2A2	Lime	Lime Production	1.253
2A3	Glass	Carbonate Consumption	23
2A4	Other Use of Soda Ash	Ceramics Production	23.340
		Soda Ash Consumption	
2B1	Ammonia	Ammonia Production	97.030
2B2	Nitric Acid	Nitric Acid Production	16176
2B5	Carbide	Calcium Carbide Production	8.147
2B8	Petrochemical and Carbon Black	Methanol Production	30.945
		Ethylene Production	
		Ethylene Dichloride Production	
		VCM Production	
		Carbon Black Production	
2C1	Iron & Steel	BOF Production	68.794
		Pig Iron Production	
2C3	Aluminum	Aluminum Production	3.760
2C5	Lead	Lead Production	877
2C6	Zinc	Zinc Production	825
2D1	Lubricant Use	Domestic Lubricant Consumption	2.319
2D2	Paraffin Wax Use	Domestic Paraffin Consumption	38.941
2H1	Pulp & Paper	Soda Ash Consumption	147
2H2	Food & Beverage	Soda Ash Consumption	51
		Total emisi	592.489

Tabel 2.6 | Intensitas Emisi Kota 'X' untuk Sektor IPPU

KATEGORI IPCC TIPE DATA AKTIVITAS		DATA AKTIVITAS			TINGKAT EMISI	INTENSITAS EMISI	
		Qty	Unit	ton CO ₂ e	Qty	Unit	
2A1	Cement	Domestic Clinker Production	543.226	Ton	299.861	0,55	ton CO ₂ e/ton produk
2A2	Lime	Lime Production	1.670	Ton	1.253	0,75	ton CO ₂ e/ton produk
2A3	Glass	Carbonate Consumption	49	Ton	23	0,48	ton CO ₂ e/ton konsumsi
2A4	Other Use of Soda Ash	Ceramics Production	26	Ton	11	0,44	ton CO ₂ e/ton produk
		Soda Ash Consumption	56.224	Ton	23.328	0,41	ton CO ₂ e/ton konsumsi
2B1	Ammonia	Ammonia Production	72.245	Ton	97.030	1,34	ton CO ₂ e/ton produk
2B2	Nitric Acid	Nitric Acid Production	6.406	Ton	16.176	2,52	ton CO ₂ e/ton produk
2B5	Carbide	Calcium Carbide Production	280	Ton	8.147	29,08	ton CO ₂ e/ton produk
2B8	Petrochemical and Carbon Black	Methanol Production	7.160	Ton	3.102	0,43	ton CO ₂ e/ton produk
		Ethylene Production	8.996	Ton	20.799	2,31	ton CO ₂ e/ton produk
		Ethylene Dichloride Production	10.297	Ton	4.808	0,47	ton CO ₂ e/ton produk
		VCM Production	9.632	Ton			ton CO ₂ e/ton produk
		Carbon Black Production	853	Ton	2.235	2,62	ton CO ₂ e/ton produk
2C1	Iron & Steel	BOF Production	15.199	Ton	22.190	1,46	ton CO ₂ e/ton produk
		Pig Iron Production	34.521	Ton	46.603	1,35	ton CO ₂ e/ton produk
2C3	Aluminum	Aluminum Production	2.350	Ton	3.760	1,60	ton CO ₂ e/ton produk
2C5	Lead	Lead Production	1.686	Ton	877	0,52	ton CO ₂ e/ton produk
2C6	Zinc	Zinc Production	480	Ton	825	1,72	ton CO ₂ e/ton produk
2D1	Lubricant Use	Domestic Lubricant Consumption	158	TJ	2.319	14,67	ton CO ₂ e/ton konsumsi
2D2	Paraffin Wax Use	Domestic Paraffin Consumption	2.655	TJ	38.941	14,67	ton CO ₂ e/ton konsumsi
2H1	Pulp & Paper	Soda Ash Consumption	355	Ton	147	0,41	ton CO ₂ e/ton konsumsi
2H2	Food & Beverage	Soda Ash Consumption	123	Ton	51	0,41	ton CO ₂ e/ton konsumsi
Total emisi Kota X (IPPU) Tahun 2019					592.489	ton CO ₂ e	
GDP Industri Pengolahan Kota "X" Tahun 2019					35.654	Rp. Milyar	
Intensitas emisi IPPU per GDP, Tahun 2019					16,62	ton CO₂e/Rp. Milyar	

2.2.3. Pembentukan Emisi Baseline Kota 'X' (Sektor IPPU)

Setelah mengetahui metode estimasi emisi GRK Sektor IPPU, lakukan hal yang sama dengan perhitungan tahun dasar, 2010, yaitu dengan membuat estimasi berdasarkan worksheet yang sama untuk periode data aktivitas tahun 2010.

2.3. AFOLU



Pembahasan latihan pada sektor AFOLU akan dibagi menjadi 2 bagian: (i). Sektor peternakan dan pertanian dan (ii). Sektor kehutanan dan penggunaan lahan lain.

Emisi *baseline* untuk sektor peternakan dan sumber-sumber agregat dan non-CO₂ (pertanian) masa depan secara sederhana dapat diperkirakan dengan mengalikan data aktivitas proyeksi dengan faktor emisi masing-masing sumber emisi.

2.3.1 PETERNAKAN

Jumlah ternak menurut jenis, yang merupakan data aktivitas untuk menghitung emisi metana dan nitrogen oksida, cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Tren ini sama untuk semua wilayah baik nasional, provinsi, dan kabupaten kota dan sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk.

Dengan asumsi bahwa tren populasi ternak masa depan sama dengan tren historis, data aktivitas kedepan dapat diperkirakan menggunakan tren historis. Perkiraan data aktivitas dapat dilakukan mengikuti langkah berikut:

A

Kompilasi jumlah ternak menurut jenis dan disusun berurutan menurut tahun, seperti disajikan pada Tabel di bawah ini.

Tahun	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sapi Potong	5.355	5.514	5.710	6.001	6.455	7.643	7.985	8.255
Sapi Perah	4	4	4	6	6	6	8	8
Kerbau	12	14	17	36	36	36	45	50
Domba	196	255	383	444	531	545	559	559
Kambing	11.726	13.957	14.227	16.704	20.004	20.500	21.204	21.088
Babi	290	300	340	365	400	430	455	496
Ayam Buras	36.434	50.419	51.886	54.119	64.813	64.875	64.994	65.074
Ayam Pedaging	613.081	249.362	257.010	280.944	336.459	350.055	387.492	385.100
Ayam Petelur	60.150	61.362	61.425	62.005	62.010	62.200	61.900	62.255
Itik	4.441	4.042	4.160	5.219	6.334	6.355	6.390	6.156

Hitung jumlah ternak untuk jenis ternak lainnya menggunakan persamaan di atas!

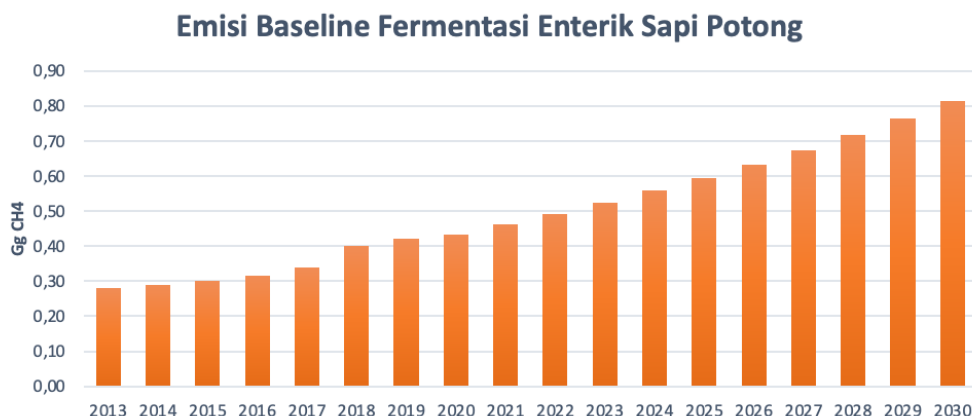
- (ii) Jika tren 0, jumlah ternak kedepan diasumsikan sama dengan jumlah ternak tahun terakhir.

C

Hitung emisi baseline menggunakan data aktivitas yang diturunkan pada butir c melalui perkalian dengan faktor emisi sesuai sumber emisi (lihat panduan IGRK).

Jenis Ternak	Sub Kategori	Jenis Kelamin	Prosentase (%)	Jumlah Ternak 2013	FE (kg CH ₄ per ekor per tahun)	Emisi (Gg CH ₄)
Sapi Potong	Anakan (0-1 th)	Betina + Jantan	20,72%	1.110	54	0,06
	Lepas Sapih (1-2 th)	Betina + Jantan	25,42%	1.361	54	0,07
	Muda (2-4 th)	Betina + Jantan	15,55%	833	54	0,04
	Dewasa (> 4 th)	Betina + Jantan	26,06%	1.396	54	0,08
	Impor	Jantan	12,25%	656	43	0,03
Total			100,00%	5.355		0,28

Gambar di bawah ini menyajikan proyeksi emisi BAU fermentasi entrik dari sapi potong dari tahun 2013 – 2030 berdasarkan tren data aktivitas sapi potong 2013 – 2020. Dari Gambar tersebut emisi fermentasi *enteric* meningkat mengikuti tren kenaikan jumlah ternak. Emisi tahun 2013 adalah 0.28 Gg CH₄ dan meningkat menjadi 0,82 Gg CH₄ pada tahun 2030.



Gambar 2.6. | Proyeksi Emisi BAU Fermentasi 'Enteric' Sapi Potong Tahun 2013 – 2030 Berdasarkan Tren Data Aktivitas Sapi Potong 2013 – 2020

Selanjutnya, hitung emisi metana fermentasi *enteric* untuk jenis ternak lain, termasuk emisi metana dan dinitrogen oksida dari pengelolaan kotoran ternak dengan persamaan dan faktor emisi seperti di Panduan IGRK.

2.3.2 PERTANIAN

Emisi utama di sektor pertanian umumnya adalah emisi metana dari padi sawah, emisi nitrogen oksida dari aplikasi pupuk mengandung N dan emisi CO₂ dari pupuk urea. Besaran emisi GRK dari ketiga sumber ini ditentukan oleh luas sawah dan lahan pertanian lainnya serta penggunaan pupuk urea dan pupuk sintetis lain yang mengandung N (nitrogen), yang jumlahnya dipengaruhi oleh luas lahan pertanian. Emisi dari

sektor pertanian di kabupaten dan kota biasanya menunjukkan tren fluktuatif atau bahkan menurun karena luas lahan pertanian menurun.

Emisi *baseline* untuk sektor pertanian dihitung dari proyeksi data aktivitas menggunakan pendekatan tren data historis dengan prosedur yang tidak berbeda dengan sektor peternakan sebagai berikut:

A

Kompilasi luas panen sawah dan jumlah pupuk urea serta pupuk lain yang mengandung N dan disusun berurutan menurut tahun seperti disajikan pada Tabel di bawah ini.

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020
Luas panen	5.690	5703	5706	5706	5711

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020
Luas panen	5.690	5.703	5.706	5.706	5.711
Pupuk Urea (ton)	1.479	1.540	1.569	1.598	1.599

B

Selanjutnya, hitung tren historis dari data aktivitas di atas dengan cara sebagai berikut:

- (i) Luas panen: Jika data luas panen tersedia time series cukup panjang, misalnya 10 tahun, tren historis dapat dicari dengan membuat persamaan regresi luas panen menurut tahun. Jika data luas panen tersedia kurang dari 10 tahun, tren historis dihitung dari selisih luas panen dari 2 titik tahun dibagi terhadap luas panen tahun awal dan terhadap beda 2 titik tahun (T).

$$\text{Tren} = (\text{luas panen}_t - \text{luas panen}_{t-1}) / (\text{luas panen}_{t-1} \cdot T) * 100$$

Tabel di bawah ini menyajikan tren luas panen sawah dari 2016 sampai 2020 yang dihitung setiap 2 titik tahun pada periode tersebut. Tren kenaikan luas sawah 2016-2017 adalah 0,23% yang diperoleh dari selisih luas panen 2017 - 2016 dibagi luas panen 2016.

$$\text{Tren} = [(5.703 - 5.690) / 5.690] \times 100$$

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020
Luas panen	5.690	5703	5706	5706	5711
tren [%]		0,23	0,05	0,00	0,09
rata-rata tren [%]					0,09

- (ii) Jumlah pupuk: Jika data konsumsi pupuk tersedia time series cukup panjang, misalnya 10 tahun, tren historis dapat dicari dengan membuat persamaan regresi konsumsi pupuk proxy terhadap luas panen padi sawah. Jika data penggunaan pupuk hanya tersedia kurang dari 10 tahun, tren historis dihitung dari selisih konsumsi pupuk dari 2 titik tahun dibagi terhadap konsumsi pupuk tahun awal dan beda 2 titik tahun (T).

$$\text{Tren} = (\text{jumlah urea}_t - \text{jumlah urea}_{t-1}) / (\text{jumlah urea}_{t-1} * T) * 100$$

Perhitungan tren historis konsumsi pupuk periode 2016-2020 dapat dilihat pada Tabel di bawah. Tren kenaikan konsumsi urea 2016-2017 adalah 4,08% yang diperoleh dari selisih konsumsi urea 2017 - 2016 dibagi dengan konsumsi urea 2016.

$$\text{Tren} = [(1.540 - 1.479) / 1.479] * 100$$

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020
Pupuk Urea (ton)	1.479	1.540	1.569	1.598	1.599
tren [%]		4,08	1,91	1,82	0,09
rata-rata tren [%]					1,97

- C** Perkiraan data aktivitas masa depan dihitung berdasarkan tren yang didapat dari butir b:

- (iii) Jika tren historis meningkat atau menurun, gunakan tren historis untuk menduga luas panen dan konsumsi pupuk masa depan dengan menerapkan persamaan regresi dengan peubahan bebas tahun, atau proyeksi luas panen untuk pupuk, atau menggunakan formula:

$$\text{Luas panen } t-1 * (1 + \text{tren}) \text{ atau}$$

$$\text{Konsumsi pupuk } t-1 * (1 + \text{tren})$$

Tahun	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Luas panen (ha)	5711	5.716	5.721	5.726	5.731	5.736	5.741	5.746	5.751	5.756	5.761
tren [%]	0,09										
rata-rata tren [%]	0,09										

Tahun	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Pupuk Urea (ton)	1.599	1.631	1.663	1.696	1.729	1.763	1.798	1.833	1.869	1.906	1.944
tren [%]	0,09										
rata-rata tren [%]	1,97										

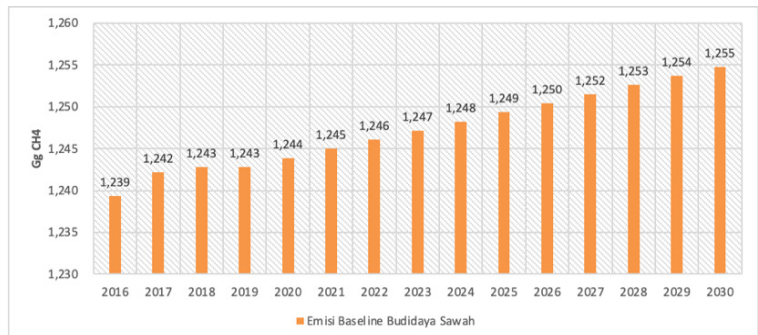
(iv) Jika tren 0, luas panen atau konsumsi pupuk kedepan diasumsikan sama dengan luas panen atau konsumsi pupuk tahun terakhir.

D Hitung emisi baseline menggunakan data aktivitas yang diturunkan pada butir c dikali dengan faktor emisi sesuai dengan sumber emisi (lihat panduan IGRK).

Worksheet-worksheet perhitungan pada budidaya padi sawah dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini.

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category	Rice Cultivation: Annual CH ₄ emission from rice										
Category code	3C7										
Sheet	1										
Equation	Eq. 2.2	Equation 5.1		Equation 5.2			Equation 5.3		Equation 5.2		Equation 5.1
Rice Ecosystem	Subcategories for reporting year ¹	Annual harvested area	Cultivation period of rice	Baseline emission factor for continuously flooded fields without organic amendments	Scaling factor to account for the differences in water regime during the cultivation period	Scaling factor to account for the differences in water regime in the pre-season before the cultivation period	Application rate of organic amendment in fresh weight	Conversion factor for organic amendment	Scaling factor for both types and amount of organic amendment applied	Adjusted daily emission factor for a particular harvested area	Annual CH ₄ emission from Rice Cultivation
		(ha yr ⁻¹)	(day)	kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹	(-)	(-)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	(-)	(kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹)	Gg CH ₄ yr ⁻¹
				Table 5.11	Table 5.12	Table 5.13		Table 5.14			
		A	t	EF ₀	SF _W	SF _P	ROA	CFOA	SF ₀	SF ₀ * SF _W * (1+ROA * CFOA) ^{0.99}	CH ₄ = A * t * EF ₀ * 10 ⁻⁶ CH ₄ = A * t * EF ₀ * 10 ⁻⁶
Irrigated	2016	5.690	110	1,61	1	1	2	0,21	1,23	1,00	1,239
Rainfed and deep water											
Total											1,239
Irrigated	2017	5.703	110	1,61	1	1	2	0,21	1,23	1,00	1,242
Rainfed and deep water											
Total											1,242
Irrigated	2030	5.761	110	1,61	1	1	2	0,21	1,23	1,00	1,255
Rainfed and deep water											
Total											1,255

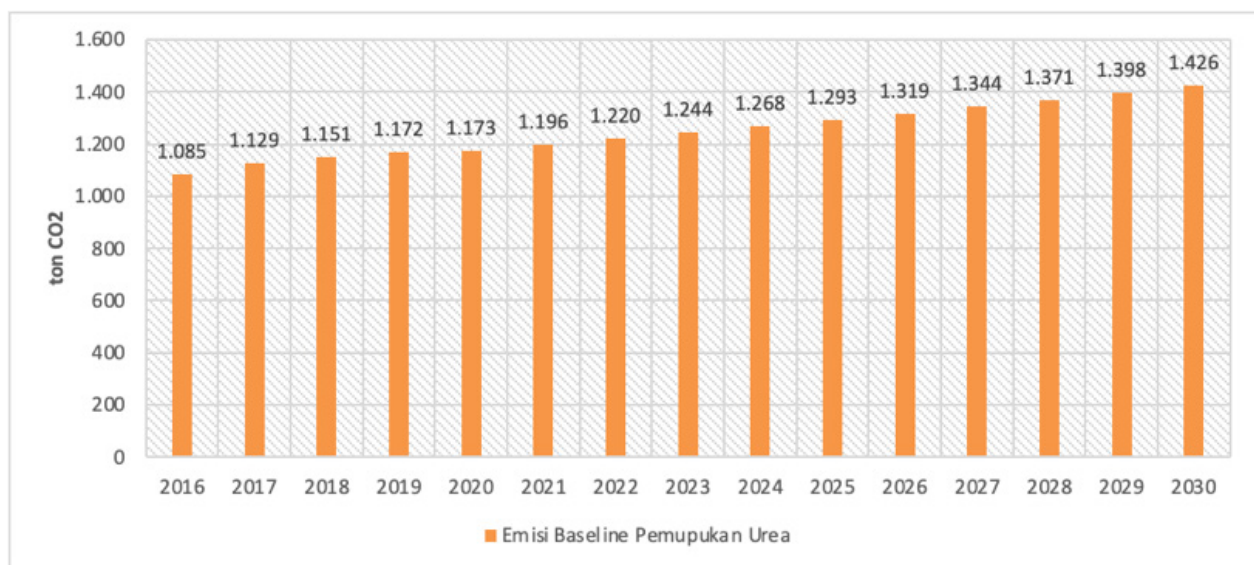
Tahun	Luas (Ha)	Emisi (Gg CH ₄)
2016	5.690	1,239
2017	5.703	1,242
2018	5.706	1,243
2019	5.706	1,243
2020	5.711	1,244
2021	5.716	1,245
2022	5.721	1,246
2023	5.726	1,247
2024	5.731	1,248
2025	5.736	1,249
2026	5.741	1,250
2027	5.746	1,252
2028	5.751	1,253
2029	5.756	1,254
2030	5.761	1,255



Gambar 2.7. | *Worksheet* Perhitungan Emisi Metana Budidaya Padi Sawah

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use		
Category	Urea Fertilization: Annual CO ₂ emissions from Urea Fertilization		
Category code	3C3		
Sheet	1 of 1		
Equation	Equation 11.13		
Subcategories for reporting year	Annual amount of Urea Fertilization	Emission factor	Annual CO ₂ -C emissions from Urea Fertilization
	(tonnes urea yr ⁻¹)	[tonnes of C (tonne of urea) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
		default is 0.20	CO ₂ -C Emission = M * EF
	M	EF	CO ₂ -C Emission
2016	1.479	0,20	1.085
2017	1.540	0,20	1.129
2030	1.944	0,20	1.426

Tahun	Konsumsi Urea (ton)	Emisi CO ₂ (tCO ₂)
2016	1.479	1.085
2017	1.540	1.129
2018	1.569	1.151
2019	1.598	1.172
2020	1.599	1.173
2021	1.631	1.196
2022	1.663	1.220
2023	1.696	1.244
2024	1.729	1.268
2025	1.763	1.293
2026	1.798	1.319
2027	1.833	1.344
2028	1.869	1.371
2029	1.906	1.398
2030	1.944	1.426

Gambar 2.8. | Worksheet Perhitungan Emisi Baseline Pemupukan Urea (ton CO₂)

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use				
Category	Direct N ₂ O Emissions from Managed Soils				
Category code	3C4				
Sheet	1 of 2				
Equation	Equation 11.1				
Anthropogenic N input type	Annual amount of N applied		Emission factor for N ₂ O emissions from N inputs		Annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils
	(kg N yr ⁻¹)		[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]		(kg N ₂ O yr ⁻¹)
	2016		Table 11.1		N ₂ O-NN inputs = F * EF
	F		EF		N ₂ O-NN inputs
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils	synthetic fertilizers	F _{syn} : N in synthetic fertilizers	EF ₁	0,10	-
	animal manure, compost, sewage sludge, other	F _{ok} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other		0,10	-
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues			
	changes to land use or management	F _{SLM} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management			
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from flooded rice	synthetic fertilizers	F _{syn} : N in synthetic fertilizers	EF _{FR}	0,03	32.082
	animal manure, compost, sewage sludge, other	F _{ok} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other		0,03	-
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues		0,03	-
	changes to land use or management	F _{SLM} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management			
Total					32.082

Gambar 2.9. | 'Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' N₂O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah) Tahun 2016

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Direct N ₂ O Emissions from Managed Soils			
Category code		3C4			
Sheet		1 of 2			
Equation		Equation 11.1			
Anthropogenic N input type		Annual amount of N applied	Emission factor for N ₂ O emissions from N inputs	Annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils	
		(kg N yr ⁻¹)	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	(kg N ₂ O yr ⁻¹)	
		2030	Table 11.1	N ₂ O-N inputs = F * EF	
		F	EF	N ₂ O-N inputs	
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils	synthetic fertilizers	F _{SYN} : N in synthetic fertilizers	EF ₁	0,10	-
	animal manure, compost, sewage sludge	F _{OM} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other		0,10	-
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues			
	changes to land use or management	F _{SOIL} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management			
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from flooded rice	synthetic fertilizers	F _{SYN} : N in synthetic fertilizers	EF _{FR}	0,03	42.157
	animal manure, compost, sewage sludge	F _{OM} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other		0,03	-
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues		0,03	-
	changes to land use or management	F _{SOIL} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management			
Total					42.157

Gambar 2.10. | 'Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' N₂O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah) Tahun 2030

Tahun	Konsumsi Urea (ton)	Konsumsi N (kg) - 46% Urea	Emisi N ₂ O langsung (kg N ₂ O)
2016	1.479	680.524	8.020
2017	1.540	708.313	8.348
2018	1.569	721.809	8.507
2019	1.598	734.933	8.662
2020	1.599	735.577	8.669
2021	1.631	750.260	8.842
2022	1.663	764.980	9.016
2023	1.696	780.160	9.195
2024	1.729	795.340	9.374
2025	1.763	810.980	9.558
2026	1.798	827.080	9.748
2027	1.833	843.180	9.937
2028	1.869	859.740	10.133
2029	1.906	876.760	10.333
2030	1.944	894.240	10.539

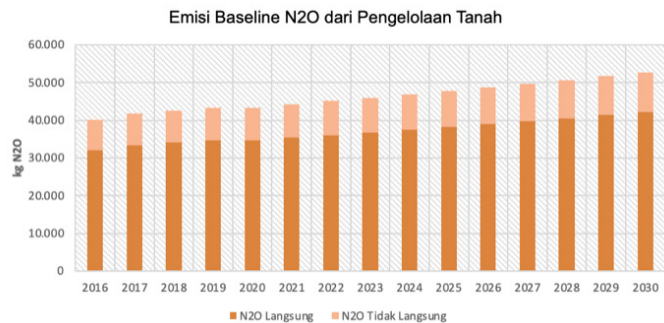
Gambar 2.11. | Rekapitulasi Emisi 'Baseline' N₂O Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah Tahun 2016-2030

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Indirect N ₂ O Emissions from Managed Soils: N ₂ O from Atmospheric Deposition of N Volatilised from Managed Soils					
Category code		3C5					
Sheet		1 of 2					
Equation		Equation 11.9					
Anthropogenic N input type	Annual amount of synthetic fertilizer N applied to soils	Fraction of synthetic fertilizer N that volatilises	Annual amount of animal manure, compost, sewage sludge and other organic N additions intentionally applied to soils	Annual amount of urine and dung N deposited by grazing animals on pasture, range and paddock	Fraction of applied organic N fertilizer materials (F_{ON}) and of urine and dung N deposited by grazing animals (F_{FPP}) that volatilises	Emission factor for N ₂ O emission from atmospheric deposition of N on soils and water surfaces	Annual amount of N ₂ O-N produced from atmospheric deposition of N volatilised from managed soils
	(kg N yr ⁻¹)	(kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg of N applied) ¹	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	(kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg of N applied or deposited) ¹	(kg N ₂ O-N) (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilized) ¹	(kg N ₂ O yr ⁻¹)
		Table 11.3			Table 11.3	Table 11.3	$N_2O_{(ATD)-N} = [(F_{SN} * Frac_{GASF}) + (F_{ON} + F_{FPP}) * Frac_{GASM}] * EF_4$
	FSN	Frac _{GASF}	F _{ON}	F _{FPP}	Frac _{GASM}	EF ₄	N ₂ O _{(ATD)-N}
2016	680.524	0,15			0,2	0,05	8.020
2029	876.760	0,15			0,2	0,05	10.333
2030	894.240	0,15			0,2	0,05	10.539

Tahun	Konsumsi Urea (ton)	Konsumsi N (kg) - 46% Urea	Emisi N2O langsung (kg N2O)	Emisi N2O tidak langsung (kg N2O)
2016	1.479	680.524	32.082	8.020
2017	1.540	708.313	33.392	8.348
2018	1.569	721.809	34.028	8.507
2019	1.598	734.933	34.647	8.662
2020	1.599	735.577	34.677	8.669
2021	1.631	750.260	35.369	8.842
2022	1.663	764.980	36.063	9.016
2023	1.696	780.160	36.779	9.195
2024	1.729	795.340	37.495	9.374
2025	1.763	810.980	38.232	9.558
2026	1.798	827.080	38.991	9.748
2027	1.833	843.180	39.750	9.937
2028	1.869	859.740	40.531	10.133
2029	1.906	876.760	41.333	10.333
2030	1.944	894.240	42.157	10.539

Gambar 2.12. | Worksheet' Perhitungan Emisi 'Baseline' N2O Tidak Langsung dari Aplikasi Pupuk Urea di Lahan Basah (Sawah)

Tahun	Konsumsi Urea (ton)	Konsumsi N (kg) - 46% Urea	Emisi N ₂ O langsung (kg N ₂ O)
2016	1.479	680.524	32.082
2017	1.540	708.313	33.392
2018	1.569	721.809	34.028
2019	1.598	734.933	34.647
2020	1.599	735.577	34.677
2021	1.631	750.260	35.369
2022	1.663	764.980	36.063
2023	1.696	780.160	36.779
2024	1.729	795.340	37.495
2025	1.763	810.980	38.232
2026	1.798	827.080	38.991
2027	1.833	843.180	39.750
2028	1.869	859.740	40.531
2029	1.906	876.760	41.333
2030	1.944	894.240	42.157



Gambar 2.13. | Emisi 'Baseline' N₂O pada Lahan yang Dikelola (dari Budidaya Padi Sawah)

2.3.3. Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lain

Ada dua pendekatan yang dapat dijadikan dasar penentuan emisi baseline dari sektor kehutanan dan penggunaan lahan lain untuk kabupaten dan kota. Pendekatan pertama adalah emisi baseline yang diperoleh dari tren perubahan penggunaan lahan yang terjadi pada satu periode sebelumnya (*historical*) dan pendekatan kedua adalah skenario baseline dari proyeksi perubahan penggunaan lahan di masa depan sebagai dampak dari kebijakan, program dan rencana pembangunan pada kabupaten dan kota (*forward looking*).

Untuk kabupaten dan kota, dimana hutan tidak mengalami perubahan, atau luasan hutan relatif tetap, dan perubahan penggunaan lahan terjadi antar penggunaan lahan non-hutan, pada kondisi seperti ini dicirikan oleh neto-emisi rendah dan fluktuatif. Emisi *baseline* diproyeksikan sesuai dengan emisi historis tahun terakhir.

Dengan asumsi tren perubahan lahan mengikuti tren tahun terakhir, luas perubahan penggunaan lahan di masa depan dapat diproyeksikan mengikuti tahapan sebagai berikut:

A

Kumpulkan peta penggunaan lahan minimal 2 tahun terakhir. Format peta yang dimaksud adalah peta digital dengan format GIS. Peta ini biasanya tersedia di Bappeda atau DLH. Bila tidak tersedia dapat menggunakan peta tutupan lahan yang diterbitkan oleh KLHK.

B

Siapkan matrik transisi penggunaan lahan dengan melakukan *overlay* peta tahun t dengan t-1 dalam program aplikasi SIG. Sebagai contoh peta tutupan lahan tahun 2018 ditumpang-tindih dengan peta tutupan lahan 2019 dan hasilnya seperti Gambar berikut:

2018/2019	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2108
Hutan Kota	100,00				100,00
Sawah		1.014,00	4,00	5,00	1.023,00
Pertanian Lahan Kering Campur	0,75		1.744,00	10,00	1.754,75
Pemukiman/pekarangan				8.197,00	8.197,00
2019	100,75	1.014,00	1.748,00	8.212,00	11.074,75

Dari gambar di atas diketahui luas hutan, sawah, pertanian lahan kering campur, dan pemukiman pada tahun 2018 masing-masing adalah 100 ha, 1.023 ha, 1.754,75 ha, dan 8.197 ha, sedangkan pada tahun 2019 masing-masing adalah 100,75 ha, 1.014 ha, 1.748 ha dan 8.212 ha.

C

Berdasarkan matriks transisi di atas, tentukan prosentasi perubahan/konversi dari satu penggunaan lahan ke penggunaan lain dan prosentasi lahan sisa dari kategori yang sama. Matrik prosentasi perubahan penggunaan lahan dapat dilihat pada gambar di bawah.

2018/2019	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2108	
Hutan Kota	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%	
Sawah	0,00%	99,12%	0,39%	0,49%	100%	
Pertanian Lahan Kering Campur	0,04%	0,00%	99,39%	0,57%	100%	
Pemukiman/pekarangan	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100%	
2019	100%	99%	100%	101%		100%
					100%	

Cara membaca matriks peluang perubahan ini adalah sebagai contoh pada baris ke-2, sawah dikonversi menjadi pertanian lahan kering campur sebesar 0,39%, menjadi pemukiman 0,49% per tahun dan sisa 99,12%. Pada gambar di atas tidak ada konversi lahan sawah menjadi hutan.

D

Tahap selanjutnya adalah menggunakan peluang perubahan penggunaan lahan pada butir c untuk memperkirakan luas lahan sisa dan luas lahan konversi di masa depan. Proses proyeksi dilakukan secara berutan karena dasar perhitungan luas adalah per tahun. Sebagai contoh untuk memperkirakan matrik transisi tahun 2020, digunakan luas lahan tahun 2019 dari masing-masing penggunaan lahan dengan cara mengalikan nilai ini terhadap peluang perubahannya gambar berikut adalah matriks transisi 2019/2020 hasil proyeksi terhadap luas tahun 2019.

Historis	2018/2019	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2108
	Hutan Kota	100,00				100,00
	Sawah		1.014,00	4,00	5,00	1.023,00
	Pertanian Lahan Kering Campur	0,75		1.744,00	10,00	1.754,75
	Pemukiman/pekarangan				8.197,00	8.197,00
	2019	100,75	1.014,00	1.748,00	8.212,00	11.074,75
Proyeksi	2019/2020	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2019
	Hutan Kota	100,75	0,00	0,00	0,00	100,75
	Sawah	0,00	1.005,08	3,96	4,96	1.014,00
	Pertanian Lahan Kering Campur	0,75	0,00	1.737,29	9,96	1.748,00
	Pemukiman/pekarangan	0,00	0,00	0,00	8.212,00	8.212,00
	2020	101,50	1.005,08	1.741,26	8.226,92	11.074,75

Proses ini dilakukan per tahun sampai tahun tujuan proyeksi – misalnya tahun 2030.

2028/2029	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2028
Hutan Kota	107,37	0,00	0,00	0,00	107,37
Sawah	0,00	928,24	3,66	4,58	936,48
Pertanian Lahan Kering Campur	0,72	0,00	1.677,22	9,62	1.687,56
Pemukiman/pekarangan	0,00	0,00	0,00	8.343,34	8.343,34
2029	108,09	928,24	1.680,88	8.357,53	11.074,75
2029/2030	Hutan Kota	Sawah	Pertanian Lahan Kering Campur	Pemukiman/pekarangan	2029
Hutan Kota	108,09	0,00	0,00	0,00	108,09
Sawah	0,00	920,08	3,63	4,54	928,24
Pertanian Lahan Kering Campur	0,72	0,00	1.670,58	9,58	1.680,88
Pemukiman/pekarangan	0,00	0,00	0,00	8.357,53	8.357,53
2030	108,81	920,08	1.674,21	8.371,65	11.074,75

E

Hitung emisi baseline menggunakan data aktivitas dari matriks transisi yang diturunkan pada butir d melalui perkalian dengan faktor emisi sesuai sumber emisi (lihat panduan IGRK).

2.4. LIMBAH



Capaian penurunan emisi (berbasis inventori) dapat diindikasikan melalui selisih antara tingkat emisi baseline dan tingkat emisi inventori, dibandingkan dengan tingkat emisi *baseline*. Emisi *baseline* merupakan proyeksi emisi pada kondisi tidak adanya intervensi kebijakan penurunan emisi atau pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim yang disebut sebagai skenario *business as usual*/

BAU (Permen LHK No. 72 Tahun 2017). Skenario *Business as Usual* (BAU) mengasumsikan bahwa semua sampah yang tertangani akan ditimbun di TPA, dimana *landfill* (tanpa *methane recovery*) merupakan teknologi BAU. Dalam *Enhanced NDC* Indonesia (2022), skenario baseline untuk sektor limbah, adalah:

- Tidak Ada Pemulihan LFG;
- Tidak ada kegiatan tambahan atau desakan untuk pengomposan dan 3R;
- Tidak ada upaya untuk mengubah sampah menjadi energi;
- Tidak ada arahan untuk zero landfill disposal;
- Tidak ada aksi mitigasi di pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik;
- Tidak ada aksi mitigasi di pengolahan dan pembuangan limbah cair industri;

Langkah pertama adalah menginput dan memproyeksikan data dasar yang dijadikan acuan untuk proyeksi data aktifitas dalam skenario baseline. Proyeksi data penduduk digunakan untuk memproyeksikan data aktifitas terkait limbah domestik (**Gambar 2.14**). Sedangkan data PDRB ADHK 2010 menjadi data dasar untuk proyeksi data aktifitas terkait limbah cair industri. Lembar kerja yang disediakan secara otomatis memproyeksikan penduduk dan konsumsi protein (2023 – 2030) secara geometrik, berdasarkan data inventori (2010 – 2022).

Tahun	Penduduk (jiwa)	Konsumsi protein	
		(gram/kapita/hari)	(kg/kapita/tahun)
2010	628,199	77.73	28.37
2011	637,873	76.76	28.02
2012	647,403	75.80	27.67
2013	656,778	74.86	27.32
2014	666,223	73.92	26.98
2015	675,440	73.00	26.65
2016	684,183	72.09	26.31
2017	692,793	71.19	25.98
2018	700,869	74.00	27.01
2019	708,606	74.33	27.13
2020	658,020	72.19	26.35
2021	661,070	70.26	25.64
2022	663,870	66.69	24.34
2023	666,932	65.86	24.04
2024	670,009	65.04	23.74
2025	673,100	64.22	23.44
2026	676,205	63.42	23.15
2027	679,324	62.63	22.86
2028	682,458	61.85	22.57
2029	685,606	61.08	22.29
2030	688,769	60.31	22.01

Gambar 2.14. | Data dasar (2010 – 2022) dan Proyeksi Data Dasar (2023 – 2030)

2.4.1. SUB-SEKTOR PERSAMPAHAN (LIMBAH PADAT DOMESTIK)

Langkah-1

Bangkitkan data yang tidak tersedia.

Sebagai contoh, dikarenakan data timbulan masuk ke *landfill* TPA dibutuhkan dari tahun 2000 (mulai operasi), sedangkan data tersedia hanya dari 2010 – 2019. Maka data timbulan ke TPA 2000 – 2009 dibangkitkan berdasarkan data tahun terdekat.

TAHUN	JUMLAH PENDUDUK (JIWA)	VOLUME SAMPAH KE TPA (GG)	
		DATA DINAS KEBERSIHAN	DATA BANGKITAN
2000	1.240.448		138,72
2001	1.262.898		141,23
2002	1.285.348		143,74
2003	1.307.798		146,25
2004	1.330.249		148,76
2005	1.352.699		151,27
2006	1.375.149		153,78
2007	1.397.600		156,29
2008	1.420.050		158,80
2009	1.442.500		161,31
2010	1.468.007	164,17	
2011	1.481.814	187,70	
2012	1.503.485	195,63	

TAHUN	JUMLAH PENDUDUK (JIWA)	VOLUME SAMPAH KE TPA (GG)	
		DATA DINAS KEBERSIHAN	DATA BANGKITAN
2013	1.535.900	202,93	
2014	1.558.494	207,09	
2015	1.580.517	219,01	
2016	1.602.071	230,94	
2017	1.623.099	249,02	
2018	1.643.488	264,86	
2019	1.662.893	296,78	

Note: Gg = 1000 ton

$$\text{Timbulan sampah ke TPA tahun } i = \frac{\sum \text{Penduduk tahun } i}{\sum \text{Penduduk (2010)}} * \text{timbulan sampah ke TPA (2010)}$$

Langkah-2

Input data pengelolaan sampah kota X dalam Lembar Kerja yang disediakan, sbb (Gambar 2.15):

- Total timbulan sampah, dapat diambil dari <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>;
- Volume sampah ditimbun di TPA (**masuk ke landfill**), dapat diambil dari <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/home/fasilitas/tpa-tpst>;
- Volume sampah menjadi bahan baku kompos dan pakan ternak, merupakan penjumlahan dari sampah terolah menjadi bahan baku kompos dan pakan ternak di seluruh fasilitas pengolahan sampah (Komposting RT/RW, BSI, Rumah Kompos, TPS 3R, Pusat Olah Organik, TPA, dll).
- Volume sampah menjadi bahan baku daur ulang dan upcycle, merupakan penjumlahan dari sampah terolah menjadi bahan baku kompos dan pakan ternak di seluruh fasilitas pengolahan sampah (BSU, BSI, TPS 3R, ITF, TPA, dll) dan sektor informal.
- Volume sampah diinsinerasi, diolah di RDF Plant dan Digester Anaerobik.

Tahun	Laju timbulan sampah (ton/jiwa/tahun)	Total Timbulan sampah (ton)	Volume sampah ditimbun di TPA (ton)	Kompos dan pakan ternak(ton)	Volume Sampah Upcycle/ Recycle (ton)	Volume sampah di-Insinerasi (ton)	RDF Plant (ton)	Reaktor (Digester) Anaerobik (ton)
2010	0.26	160,505	110,212	0	0			
2011	0.26	162,977	111,910	10	4,184			
2012	0.26	165,412	113,582	20	8,369			
2013	0.26	167,807	115,226	30	12,553			
2014	0.26	170,220	116,884	40	16,738			
2015	0.26	172,575	118,501	50	20,922			
2016	0.26	174,809	120,034	59	25,107			
2017	0.26	177,009	121,545	69	29,291			
2018	0.26	179,072	123,370	73	35,150			
2019	0.26	181,049	131,568	50	38,747			
2020	0.28	182,862	137,147	51	39,632			
2021	0.28	184,856	136,793	56	43,706			
2022	0.28	186,872	136,416	61	47,864			

Gambar 2.15. | Volume Sampah Terkelola di Kota 'X'

Langkah-3**Buat Distribusi Kelola Sampah**

Berikutnya, data sampah terolah dijadikan persentase, dengan membagi volume sampah terolah dengan total timbunan sampah. Misal, volume sampah ditimbun/masuk ke *landfill* (2022) = $(136.416/186.872) * 100\% = 73.00\%$. Selanjutnya, untuk sampah tidak terkelola, yaitu: ditimbun di tanah, dibakar, dibuang ke

kali/parit/laut, dan dibuang ke lahan kosong, dilakukan pengisian pada kolom masing masing menggunakan data Riset Kesehatan Dasar Provinsi (Dinkes Provinsi), atau dari data lain yang tersedia. Gabungan dari sampah terkelola dan tidak terkelola menyusun data Distribusi Kelola Sampah Kota X (**Gambar 2.16**).

Tahun	Ditimbun di landfill TPA (%)	Ditimbun dalam Tanah (%)	Dibuat Kompos dan pakan ternak (%)	Dibakar (%)	Dibuang ke Kali/ Parit/ Laut (%)	Dibuang ke Lahan Kosong (%)	Recycle-Upcycle/ 3R (%)	Insinerasi (%)	RDF Plant (%)	Reaktor (Digester) Anaerobik (%)	Lainnya (%)
2010	68.67%	0.54%	0.00%	4.55%	4.50%	1.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.36%
2011	68.67%	0.54%	0.01%	4.55%	4.50%	1.38%	2.57%	0.00%	0.00%	0.00%	17.79%
2012	68.67%	0.54%	0.01%	4.55%	4.50%	1.38%	5.06%	0.00%	0.00%	0.00%	15.29%
2013	68.67%	0.54%	0.02%	4.55%	4.50%	1.38%	7.48%	0.00%	0.00%	0.00%	12.87%
2014	68.67%	0.54%	0.02%	4.55%	4.50%	1.38%	9.83%	0.00%	0.00%	0.00%	10.51%
2015	68.67%	0.54%	0.03%	4.55%	4.50%	1.38%	12.12%	0.00%	0.00%	0.00%	8.21%
2016	68.67%	0.54%	0.03%	4.55%	4.50%	1.38%	14.36%	0.00%	0.00%	0.00%	5.97%
2017	68.67%	0.54%	0.04%	4.55%	4.50%	1.38%	16.55%	0.00%	0.00%	0.00%	3.78%
2018	68.89%	0.54%	0.04%	4.55%	4.50%	1.38%	19.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.47%
2019	72.67%	0.30%	0.03%	3.00%	2.00%	0.38%	21.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%
2020	75.00%	0.10%	0.03%	2.00%	1.00%	0.20%	21.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2021	74.00%	0.05%	0.03%	1.00%	0.75%	0.15%	23.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.38%
2022	73.00%	0.02%	0.03%	0.50%	0.50%	0.10%	25.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.23%

Gambar 2.16. | Distribusi Kelola Sampah Kota 'X'.

Langkah-4**Bangun Skenario *Bussiness as Usual* (BAU)**

Skenario *Bussiness as Usual* (BAU), yang membentuk tren emisi baseline mengasumsikan bahwa semua sampah yang tertangani akan ditimbun di TPA, dimana landfill (tanpa *methane recovery*) merupakan teknologi BAU. Sehingga, semua % sampah terkelola harus dijumlahkan ke dalam kolom sampah masuk ke *landfill*, dan membentuk distribusi kelola sampah dalam skenario baseline (**Gambar 2.17**). Sebagai contoh, dalam skenario BAU, % sampah masuk ke *landfill* TPA = 73,00% + 0,03% +

25,61% = 98,65%. Selanjutnya, nilai ini (= 98,65%) dikalikan proyeksi penduduk (2023 – 2030), untuk mendapatkan proyeksi total volume sampah dan sampah terkelola (2023 – 2030), dalam skenario BAU (**Gambar 2.18**). Lembar kerja yang disediakan secara otomatis dapat menghasilkan (*generate*) skenario BAU. Sebagai catatan, proyeksi total timbunan sampah (2023 – 2030) menggunakan laju timbunan sampah konstan dari tahun data terakhir (2022). **Proyeksi laju timbunan sampah dapat saja dibuat meningkat, sesuai dengan pertimbangan ahli yang menyusun skenario ini.**

Tahun	Ditimbun di landfill TPA (%)	Ditimbun dalam Tanah (%)	Dibuat Kompos dan pakan ternak (%)	Dibakar (%)	Dibuang ke Kali/ Parit/ Laut (%)	Dibuang ke Lahan Kosong (%)	Recycle-Upcycle/ 3R (%)	Insinerasi (%)	RDF Plant (%)	Reaktor (Digester) Anaerobik (%)	Lainnya (%)
2010	68.67%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					20.36%
2011	71.24%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					17.79%
2012	73.74%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					15.29%
2013	76.16%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					12.87%
2014	78.52%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					10.51%
2015	80.82%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					8.21%
2016	83.06%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					5.97%
2017	85.25%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					3.78%
2018	88.56%	0.54%		4.55%	4.50%	1.38%					0.47%
2019	94.10%	0.30%		3.00%	2.00%	0.38%					0.22%
2020	96.70%	0.10%		2.00%	1.00%	0.20%					0.00%
2021	97.67%	0.05%		1.00%	0.75%	0.15%					0.38%
2022	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2023	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2024	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2025	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2026	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2027	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2028	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2029	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%
2030	98.65%	0.02%		0.50%	0.50%	0.10%					0.23%

Gambar 2.17. | Proyeksi Distribusi Kelola Sampah Kota 'X' dalam Skenario BAU.

Tahun	Laju timbulan sampah (ton/jiwa/tahun)	Total Timbulan sampah (ton)	Volume sampah ditimbun di TPA (ton)	Kompos dan pakan ternak(ton)	Volume Sampah Upcycle/ Recycle (ton)	Volume sampah di-Insinerasi (ton)	RDF Plant (ton)	Reaktor (Digester) Anaerobik (ton)
2010	0.26	160,505	110,212	0	0	0	0	0
2011	0.26	162,977	116,104	0	0	0	0	0
2012	0.26	165,412	121,970	0	0	0	0	0
2013	0.26	167,807	127,810	0	0	0	0	0
2014	0.26	170,220	133,661	0	0	0	0	0
2015	0.26	172,575	139,472	0	0	0	0	0
2016	0.26	174,809	145,201	0	0	0	0	0
2017	0.26	177,009	150,906	0	0	0	0	0
2018	0.26	179,072	158,593	0	0	0	0	0
2019	0.26	181,049	170,365	0	0	0	0	0
2020	0.28	182,862	176,829	0	0	0	0	0
2021	0.28	184,856	180,555	0	0	0	0	0
2022	0.28	186,872	184,342	0	0	0	0	0
2023	0.28	187,734	185,192	0	0	0	0	0
2024	0.28	188,600	186,047	0	0	0	0	0
2025	0.28	189,470	186,905	0	0	0	0	0
2026	0.28	190,344	187,767	0	0	0	0	0
2027	0.28	191,222	188,633	0	0	0	0	0
2028	0.28	192,104	189,503	0	0	0	0	0
2029	0.28	192,991	190,378	0	0	0	0	0
2030	0.28	193,881	191,256	0	0	0	0	0

Gambar 2.18. | Proyeksi Volume Sampah Terkelola di Kota 'X' dalam Skenario BAU.

Sebagai catatan, data komposisi dan kandungan bahan kering diasumsikan sama dengan data inventori, dan merupakan keterbatasan dalam model ini. Proyeksi komposisi (**Gambar 2.19**) dan kandungan bahan kering (**Gambar 2.20**) menggunakan data tahun terakhir, dan dapat saja diubah untuk proyeksi ke depan, sesuai dengan arahan dari tim ahli.

Tahun	Komposisi Sampah (% berat basah)												
	Sisa Makanan	Kertas/Karton	Nappies	Stryrofoam	Kayu & ranting	Sampah Taman/Daun	Kain & Tekstil	Karet & Kulit	Plastik	Logam	Kaca/Gelas	Limbah B3	Lain-lain (tanah, batu)
2010	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.00%	0.40%
2011	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.00%	0.40%
2012	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.00%	0.40%
2013	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%		0.40%
2014	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.00%	0.81%
2015	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.00%	0.81%
2016	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.00%	0.81%
2017	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.00%	0.81%
2018	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%		1.22%
2019	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2020	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2021	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2022	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2023	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2024	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2025	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2026	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2027	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2028	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2029	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%
2030	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	0.00%	1.22%

Gambar 2.19. | Data (2010-2022) dan Proyeksi (2023 – 2030) Komposisi Sampah.

Tahun	Kandungan Bahan Kering Sampah (% berat basah)												
	Sisa Makanan	Kertas/Karton	Nappies	Stryrofoam	Kayu & ranting	Sampah Taman/Daun	Kain & Produk Tekstil	Karet & Kulit	Plastik	Logam	Gelas	Limbah B3	Lain-lain (tanah, batu)
2010	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2011	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2012	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2013	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2014	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2015	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2016	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2017	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2018	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2019	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2020	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2021	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2022	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2023	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2024	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2025	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2026	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2027	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2028	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2029	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%
2030	45.86%	48.21%	23.09%	94.75%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%	60.00%	91.63%

Gambar 2.20. | Data (2010-2022) dan Proyeksi (2023 – 2030) Bahan Kering Sampah.

Langkah-5**Estimasi Tingkat Emisi dengan Worksheet 4A IPCC**

Selanjutnya, tingkat emisi *baseline*, dari penimbunan sampah di landfill TPA dihitung dengan Lembar Kerja 4A (**Refinement 2019 to IPCC 2006 GL**). Langkah ini otomatis tersedia jika menggunakan Lembar Kerja Limbah yang disediakan tim CCROM. Sebagai catatan, perhitungan dimulai dari tahun 2000 (sesuai tahun awal perhitungan 4A di NDC Indonesia). Data aktifitas 2000 – 2009 diproyeksikan mundur berdasarkan data inventori (2010 – 2022). Jika tidak menggunakan Lembar Kerja yang disediakan CCROM, maka gunakan Lembar Kerja 4A (**Refinement 2019 to 2006 IPCC GL**), sbb:

Buka worksheet 4A, Sheet Parameter

- Masukkan nama Kota, Provinsi, dan Region (Asia - Southeast)
- Masukkan *starting year*: 2000 (sesuai mulai TPA beroperasi).
- Gunakan dry basis, dan masukkan nilai *default* dari: **DOC** (*degradable organic carbon*), **DOCf** (*fraction of DOC dissimilated*), **Methane generation rate constant (k)**, **delay time (months)**, **fraction of methane (F)** in developed gas, **oxidation factor (OX)**, kecuali, data lokal tersedia, lihat **Gambar 2.21**.

**Buka Sheet MCF**

- Jika *landfill* TPA memiliki sistem liner (+ penyalur lindi) yang terhubung dengan penyalur gas, maka pilih tipe TPA semi-aerobik. Jika tidak terkelola dengan baik (tidak ada pengaturan sel, pipa lindi mungkin terendam, pipa gas patah, dll), maka pilih tipe TPA semi-aerobik, *managed poorly*.
- Jika landfill TPA tidak memiliki sistem liner (dan ketinggian timbunan > 5 m atau muka air tanah tinggi), pilih tipe *Unmanaged Deep*. Jika ketinggian < 5 m dan muka air tanah dalam, pilih *Unmanaged Shallow*.
- Jika TPA lebih dari satu, maka tipe TPA disajikan dalam fraksi, sebanding dengan jumlah sampah yang masuk ke tiap TPA.
- Hal yang sama berlaku untuk *landfill* industri. Lihat **Gambar 2.22**.

	IPCC default value		Country-specific parameters	
			Value	Reference and remarks
Starting year		1950	2000	
	dry basis		dry basis	
DOC (Degradable organic carbon) (weight fraction)	Range	Default		
Food waste	0.20-0.50	0.38	0.38	
Paper/cardboard	0.40-0.50	0.44	0.44	
Garden and Park waste	0.45-0.55	0.49	0.49	
Textiles	0.25-0.50	0.3	0.3	
Rubber and Leather	0.47	0.47	0.47	
Wood	0.46-0.54	0.5	0.5	
Nappies	0.44-0.80	0.6	0.6	
Plastics	0	0	0	
Metal	0	0	0	
Glass	0	0	0	
Other	0	0	0	
Sewage sludge	N.A	0	0	
Industrial waste	N.A	0	0	
DOCf (fraction of DOC dissimilated)				
Less decomposable waste, e.g. wood, engineered wood products, branches		0.1	0.1	
Moderately decomposable waste, e.g. paper, textile, nappies		0.5	0.5	
Highly decomposable waste, e.g. food waste, grass (garden and park waste excluding tree branches)		0.7	0.7	
Methane generation rate constant (k) (years ⁻¹)	Range	Default		
Food waste	0.17-0.7	0.4	0.4	
Paper/cardboard	0.06-0.085	0.07	0.07	
Garden and Park waste	0.15-0.2	0.17	0.17	
Textiles	0.06-0.085	0.07	0.07	
Rubber and Leather	0.03-0.05	0.035	0.035	
Wood	0.03-0.05	0.035	0.035	
Nappies	0.15-0.2	0.17	0.17	
Plastics	0	0	0	
Metal	0	0	0	
Glass	0	0	0	
Other	0	0	0	
Sewage sludge	0.17-0.7	0.4	0.4	
Industrial waste	0.15-0.2	0.17	0.17	
Delay time (months)		6	6	
Fraction of methane (F) in developed gas		0.5	0.5	
Conversion factor, C to CH ₄		1.33	1.33	
Oxidation factor (OX)		0	0	
Parameters for carbon storage				
% paper in industrial waste		0	0	
% wood in industrial waste		0	0	
For Harvested Wood Products calculations for Bulk waste option only dry basis				

Gambar 2.21. | Input Data Parameter

	MSW					
	Un-managed, shallow	Un-managed, deep	Managed	semi-aerobic, managed poorly	Uncategorised	Distribution Check
	MCF	MCF	MCF	MCF	MCF	
IPCC default	0.4	0.8	1	0.7	0.6	
Country-specific value	0.4	0.8	1	0.7	0.6	
Distribution of Waste by Waste Management Type						
"Fixed" Country-specific value	0	1	0	1	0	Total (100%)
Year	%	%	%	%	%	
2000	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2001	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2002	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2003	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2004	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2005	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2006	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2007	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2008	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2009	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2010	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2011	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2012	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2013	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2014	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2015	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2016	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2017	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2018	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2019	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2020	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2021	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2022	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2023	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2024	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2025	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2026	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2027	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2028	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2029	0%	0%	0%	100%	0%	100%
2030	0%	0%	0%	100%	0%	100%

Gambar 2.22. | Input Tipe TPA di Sheet MCF dalam Skenario BAU

Buka sheet Activity**Buka sheet Dry Matter Content****Buka sheet Recovery_OX**

- Masukkan data timbunan & komposisi sampah.
- Sebaiknya tidak usah mengubah data komposisi sampah secara tahunan (berbeda nilainya setiap tahun), jika data tidak konsisten, valid, dan reliabel, lihat **Gambar 2.23**.
- Masukkan data kandungan bahan kering sampah.
- Sebaiknya tidak usah mengubah data komposisi sampah secara tahunan, jika data tidak konsisten, valid, dan reliabel, lihat **Gambar 2.24**
- Masukkan data (dalam Gg CH₄) landfill gas yang *direcovery*.
- Jika tidak ada kegiatan *landfill gas recovery*, maka kosongkan saja isian *sheet* ini
- Faktor oksidasi (OX) = 0,1 hanya diisi jika penutupan sampah dengan tanah organik (misal kompos) dilakukan secara rutin (harian atau mingguan). Jika tidak, maka OX = 0, lihat **Gambar 2.25**

MSW activity data: Baseline

Help and default regional values are given in the 2006 IPCC Guidelines.

Laju pertumbuhan penduduk 2000-2010 0.46%

Year	Total MSW	% to SWDS	Food Waste	Paper/ cardboard	Nappies	Garden/ park	Wood	Textiles	Rubber & Leather	All Other, inert waste				Total
										Plastics	Metal	Glass	Other	
Gg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)	
2000	105.25	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2001	105.74	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2002	106.23	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2003	106.72	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2004	107.21	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2005	107.71	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2006	108.20	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2007	108.70	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2008	109.20	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2009	109.71	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2010	110.21	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2011	116.10	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2012	121.97	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2013	127.81	100.00%	59.40%	12.40%	0.00%	0.00%	0.10%	0.20%	0.20%	15.10%	6.50%	5.70%	0.40%	100.00%
2014	133.66	100.00%	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.81%	100.00%
2015	139.47	100.00%	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.81%	100.00%
2016	145.20	100.00%	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.81%	100.00%
2017	150.91	100.00%	57.65%	10.90%	0.00%	0.00%	0.10%	7.57%	0.92%	13.94%	3.93%	4.21%	0.81%	100.00%
2018	158.59	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2019	170.36	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2020	176.83	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2021	180.56	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2022	184.34	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2023	185.19	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2024	186.05	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2025	186.90	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2026	187.77	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2027	188.63	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2028	189.50	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2029	190.38	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%
2030	191.26	100.00%	55.89%	9.39%	0.00%	0.00%	0.10%	14.93%	1.63%	12.77%	1.36%	2.71%	1.22%	100.00%

Gambar 2.23. | Timbunan dan Komposisi Sampah dalam Skenario BAU

Year	Food waste	Paper / cardboard	Nappies	Garden / park	Wood	Textiles	Rubber and Leather	Plastics	Metal	Glass	Other	Sludge	Bulk MSW	Industrial
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2000	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2001	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2002	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2003	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2004	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2005	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2006	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2007	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2008	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2009	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2010	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2011	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2012	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2013	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2014	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2015	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2016	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2017	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2018	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2019	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2020	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2021	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2022	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2023	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2024	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2025	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2026	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2027	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2028	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2029	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			
2030	45.86%	48.21%	23.09%	55.21%	85.00%	55.21%	64.30%	89.59%	67.63%	97.11%	79.49%			

Gambar 2.24. | Input Kandungan Bahan Kering dalam Skenario BAU

	Amount of Methane Recovered from SWDS	References / remarks	Fraction recovered	Methane oxidised (OX)	References/ remarks
IPCC default	0			0	
Year	Ggram			Fraction	
2000			0.0000	0	
2001			0.0000	0	
2002			0.0000	0	
2003			0.0000	0	
2004			0.0000	0	
2005			0.0000	0	
2006			0.0000	0	
2007			0.0000	0	
2008			0.0000	0	
2009			0.0000	0	
2010	0.0000		0.0000	0	
2011	0.0000		0.0000	0	
2012	0.0000		0.0000	0	
2013	0.0000		0.0000	0	
2014	0.0000		0.0000	0	
2015	0.0000		0.0000	0	
2016	0.0000		0.0000	0	
2017	0.0000		0.0000	0	
2018	0.0000		0.0000	0	
2019	0.0000		0.0000	0	
2020	0.0000		0.0000	0	
2021	0.0000		0.0000	0	
2022	0.0000		0.0000	0	
2023	0.0000		0.0000	0	
2024	0.0000		0.0000	0	
2025	0.0000		0.0000	0	
2026	0.0000		0.0000	0	
2027	0.0000		0.0000	0	
2028	0.0000		0.0000	0	
2029	0.0000		0.0000	0	
2030	0.0000		0.0000	0	

Gambar 2.25. | Input Data 'Methane Recovery' dan Faktor Oksidasi dalam Skenario BAU

Buka sheet Results

- Estimasi emisi metana di *landfill* TPA Kota "X" tersebut, dapat dilihat dalam kolom *Methane emission* (dalam Gg CH₄).
- Tingkat emisi dihitung per komponen sampah. Sebagai contoh estimasi tingkat emisi dari sisa makanan (*food*) tersaji dalam **Gambar 2.26**.
- Selanjutnya, semua emisi dari setiap komponen sampah *degradable* diakumulasikan, seperti terlihat dalam **Gambar 2.27**.

Methane calculation from: Food waste (Skenario Baseline)										National values	
Dry Basis					DOC					DOC	0.38
					DOCf					DOCf	0.70
					Methane generation rate constant					k	0.40
					Half-life time (t _{0.5} , years)					h = ln(2)/k	1.73
					exp1					M	13.00
					Process start in deposition year. Month M					exp(-k*((13-M)/1	1.00
					exp2					F	0.50
					Fraction to CH4						
Year	Amount deposited	Dry matter content	MCF	Decomposable DOC (DDOCm) deposited	DDOCm not reacted	DDOCm decomposed	DDOCm accumulated in SWDS end of year	DDOCm decomposed	CH ₄ generated		
	Gg	fraction	fraction	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg		
2000	62 5215	0.4586	0.7000	5.3388	5.3388	0.0000	5.3388	0.0000	0.0000		
2001	62 8096	0.4586	0.7000	5.3634	5.3634	0.0000	8.9421	1.7601	1.1734		
2002	63 0996	0.4586	0.7000	5.3862	5.3862	0.0000	11.3822	2.9480	1.9654		
2003	63 3907	0.4586	0.7000	5.4130	5.4130	0.0000	13.8428	3.7526	2.5017		
2004	63 6831	0.4586	0.7000	5.4380	5.4380	0.0000	14.1808	4.2899	2.8666		
2005	63 9769	0.4586	0.7000	5.4631	5.4631	0.0000	14.9688	4.6751	3.1168		
2006	64 2720	0.4586	0.7000	5.4883	5.4883	0.0000	15.5221	4.9349	3.2899		
2007	64 5685	0.4586	0.7000	5.5136	5.5136	0.0000	15.9184	5.1173	3.4116		
2008	64 8664	0.4586	0.7000	5.5390	5.5390	0.0000	16.2094	5.2460	3.4886		
2009	65 1656	0.4586	0.7000	5.5646	5.5646	0.0000	16.4301	5.3439	3.5626		
2010	65 4662	0.4586	0.7000	5.5902	5.5902	0.0000	16.6037	5.4167	3.6111		
2011	65 9658	0.4586	0.7000	5.8891	5.8891	0.0000	17.0189	5.4739	3.6493		
2012	72 4504	0.4586	0.7000	6.1866	6.1866	0.0000	17.5947	5.6108	3.7405		
2013	75 9189	0.4586	0.7000	6.4828	6.4828	0.0000	18.2769	5.8096	3.9871		
2014	77 0489	0.4586	0.7000	6.5793	6.5793	0.0000	18.8307	6.0255	4.0170		
2015	80 3989	0.4586	0.7000	6.8654	6.8654	0.0000	19.4879	6.2081	4.1387		
2016	83 7009	0.4586	0.7000	7.1473	7.1473	0.0000	20.2105	6.4248	4.2832		
2017	86 9895	0.4586	0.7000	7.4282	7.4282	0.0000	20.9757	6.6630	4.4420		
2018	88 6373	0.4586	0.7000	7.5689	7.5689	0.0000	21.8293	6.9153	4.6102		
2019	95 2168	0.4586	0.7000	8.1307	8.1307	0.0000	22.6292	7.1307	4.7538		
2020	98 8298	0.4586	0.7000	8.4362	8.4362	0.0000	23.6080	7.4604	4.9736		
2021	100 9122	0.4586	0.7000	8.6170	8.6170	0.0000	24.4420	7.7831	5.1887		
2022	103 0287	0.4586	0.7000	8.7978	8.7978	0.0000	25.1817	8.0580	5.3720		
2023	103 5039	0.4586	0.7000	8.8363	8.8363	0.0000	25.7181	8.3019	5.5346		
2024	103 9814	0.4586	0.7000	8.8791	8.8791	0.0000	26.1185	8.4788	5.6525		
2025	104 4611	0.4586	0.7000	8.9201	8.9201	0.0000	26.4278	8.6107	5.7405		
2026	104 9430	0.4586	0.7000	8.9612	8.9612	0.0000	26.6763	8.7127	5.8085		
2027	105 4271	0.4586	0.7000	9.0026	9.0026	0.0000	26.8842	8.7946	5.8631		
2028	105 9134	0.4586	0.7000	9.0441	9.0441	0.0000	27.0551	8.8632	5.9088		
2029	106 4020	0.4586	0.7000	9.0858	9.0858	0.0000	27.2281	8.9228	5.9486		
2030	106 8928	0.4586	0.7000	9.1277	9.1277	0.0000	27.3793	8.9756	5.9844		

Gambar 2.26. | Tingkat Emisi Metana (Gg CH₄) dari Sisa Makanan dalam Skenario BAU**Result: Tingkat Emisi pada Skenario Baseline**

City	Province	Country										
		INDONESIA										
Enter starting year, industrial waste disposal data and methane recovery into the yellow cells.												
MSW activity data is entered on MSW sheet												
Methane generated												
Year	Food Waste	Paper /cardboard	Nappies	Garden /park	Wood	Textile	Sludge	MSW	Industrial	Total	Methane recovery	Methane emission
												M = (K-L)/(1-0X)
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				0.0000		0.0000
2001	1.1734	0.0437	0.0000	0.0000	0.0001	0.0006				1.2177		1.2177
2002	1.9654	0.0846	0.0000	0.0000	0.0001	0.0011				2.0512		2.0512
2003	2.5017	0.1230	0.0000	0.0000	0.0002	0.0015				2.6264		2.6264
2004	2.8666	0.1589	0.0000	0.0000	0.0003	0.0020				3.0278		3.0278
2005	3.1168	0.1927	0.0000	0.0000	0.0003	0.0024				3.3122		3.3122
2006	3.2899	0.2243	0.0000	0.0000	0.0004	0.0028				3.5175		3.5175
2007	3.4116	0.2541	0.0000	0.0000	0.0005	0.0032				3.6693		3.6693
2008	3.4886	0.2820	0.0000	0.0000	0.0005	0.0036				3.7847		3.7847
2009	3.5626	0.3082	0.0000	0.0000	0.0006	0.0039				3.8753		3.8753
2010	3.6111	0.3329	0.0000	0.0000	0.0006	0.0042				3.9489		3.9489
2011	3.6493	0.3561	0.0000	0.0000	0.0007	0.0045				4.0106		4.0106
2012	3.7405	0.3802	0.0000	0.0000	0.0007	0.0048				4.1263		4.1263
2013	3.8671	0.4051	0.0000	0.0000	0.0008	0.0051				4.2781		4.2781
2014	4.0170	0.4308	0.0000	0.0000	0.0009	0.0054				4.4541		4.4541
2015	4.1387	0.4504	0.0000	0.0000	0.0009	0.0055				4.6215		4.6215
2016	4.2832	0.4708	0.0000	0.0000	0.0010	0.0058				4.8119		4.8119
2017	4.4420	0.4919	0.0000	0.0000	0.0010	0.0061				5.0167		5.0167
2018	4.6102	0.5137	0.0000	0.0000	0.0011	0.0061				5.2310		5.2310
2019	4.7538	0.5288	0.0000	0.0000	0.0012	0.0068				5.4445		5.4445
2020	4.9736	0.5465	0.0000	0.0000	0.0013	0.0074				5.7378		5.7378
2021	5.1887	0.5652	0.0000	0.0000	0.0013	0.0077				6.0259		6.0259
2022	5.3720	0.5837	0.0000	0.0000	0.0014	0.0082				6.2799		6.2799
2023	5.5346	0.6021	0.0000	0.0000	0.0015	0.0086				6.5111		6.5111
2024	5.6525	0.6196	0.0000	0.0000	0.0016	0.0091				6.6936		6.6936
2025	5.7405	0.6362	0.0000	0.0000	0.0016	0.0094				6.8425		6.8425
2026	5.8085	0.6519	0.0000	0.0000	0.0017	0.0097				6.9678		6.9678
2027	5.8631	0.6668	0.0000	0.0000	0.0018	0.0100				7.0764		7.0764
2028	5.9088	0.6810	0.0000	0.0000	0.0018	0.0105				7.1731		7.1731
2029	5.9486	0.6945	0.0000	0.0000	0.0019	0.0106				7.2611		7.2611
2030	5.9844	0.7074	0.0000	0.0000	0.0020	0.0107				7.3424		7.3424

Gambar 2.27. | Rekapitulasi Emisi dari Berbagai Komponen Sampah dalam Skenario BAU.

2.4.2. SUB SEKTOR PENGOLAHAN DAN PEMBUANGAN LIMBAH CAIR DOMESTIK

Limbah cair dapat menjadi sumber metana (CH_4) saat diolah, dibuang secara anaerob, atau saat CH_4 terlarut masuk ke dalam sistem pengolahan aerasi. Emisi karbon dioksida (CO_2) dari limbah cair berasal dari bahan organik biogenik dalam kotoran manusia atau sisa makanan, dan tidak boleh dimasukkan dalam total emisi. Proyeksi jumlah penduduk dan proyeksi konsumsi protein, lihat **Gambar 2.14**, digunakan untuk memproyeksikan data aktifitas terkait limbah cair domestik dalam skenario *Business as Usual* (BAU), yang akan membentuk tren emisi baseline.

Langkah-1

Input data jalur pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik

Data pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik dapat dilihat di dokumen Riset Kesehatan Dasar, dan proyeksi (maju dan mundur) dapat dilakukan berdasarkan data tahun terakhir, atau metode lain seperti yang disarankan oleh Tim Ahli.

Pengolahan Air Limbah Domestik: Skenario Baseline

Tahun	Fraksi Pengolahan Air Limbah Domestik (%)							Total (%)
	Septic tank	Cubluk	IPAL aerobik terpusat	Biodigester + CH_4 Rec	Air tawar, muara, dan laut	Lubang tanah	Kolam/ sawah/ sungai/ danau/ laut/ Lainnya	
2010	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2011	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2012	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2013	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2014	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2015	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2016	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2017	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2018	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2019	1.74%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	100.00%
2020	1.86%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.85%	100.00%
2021	2.64%	89.85%	6.44%	0.00%	0.00%	0.00%	1.07%	100.00%
2022	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2023	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2024	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2025	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2026	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2027	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2028	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2029	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%
2030	3.75%	88.16%	6.51%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58%	100.00%

Gambar 2.28. | Distribusi Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Domestik

Emisi CH_4 dari Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Domestik

Berdasarkan data jumlah penduduk, konsumsi protein, dan distribusi pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik, dapat diestimasi tingkat emisi dari limbah cair domestik. Lembar Kerja dari CCROM IPB dapat secara otomatis menghitung emisi CH_4 dalam skenario BAU (dalam *sheet* **4D1_CH4**), seperti terlihat dalam **Gambar 2.29**.

[MITIGASI] MODUL 3: Latihan Penetapan 'Baseline'

Estimasi emisi CH₄ per jalur pengolahan/pembuangan: Skenario Baseline

Tahun	Jumlah Penderita Y	Dapodikasi capaian compost UGO	Total Organik dipapodikasi treated in wastewater TOW	Jalur pengolahan/pembuangan: I	Faktor populasi, U _i		Tingkat pemerataan, T _p		Conversion factor for industrial UGO discharged in sewers		TOW (U _i T _p)		TOW _{max}		TOW _i (T-TOW _{max})		Total organik dan limbah limbah cair (domestik) yang diabaskan ke badan air (UOW _{max})	Jumlah lumpur yang dihasilkan sebagai massa kering	Faktor lumpur F _{sl}	Koreksi organik yang dihasilkan dalam bentuk lumpur pada instalasi pengolahan		Faktor populasi yang menghasilkan organik sebagai lumpur standar	Komponen organik yang dihasilkan dalam bentuk lumpur dari sistem septik	Komponen organik yang dihasilkan sebagai lumpur dari pembuangan, I	Faktor emisi (faktor reduksi)	Metode yang digunakan atau di base line sistem pengolahan air limbah	Emisi CH ₄ dari sistem pengolahan dan pembuangan I
					Rural	Urban	Rural	Urban	I ₁	I ₂	100%	100%	100%	100%	100%	100%				U ₁	U ₂						
2010	828,189	40	8,117,705	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2011	837,873	40	8,312,548	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2012	847,603	40	8,452,584	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2013	858,770	40	8,550,859	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2014	868,223	40	8,729,858	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2015	875,480	40	8,981,524	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2016	884,163	40	9,099,572	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2017	892,763	40	9,114,778	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2018	901,889	40	9,222,207	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2019	910,800	40	9,340,040	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2020	919,020	40	9,507,262	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2021	928,070	40	9,661,522	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2022	936,870	40	9,892,302	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2023	946,002	40	9,977,214	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2024	950,000	40	9,982,132	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2025	954,700	40	9,927,208	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2026	959,250	40	9,872,501	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2027	963,324	40	9,918,134	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2028	967,458	40	9,963,887	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2029	969,600	40	10,009,061	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							
2030	968,760	40	10,060,097	Reptis tank Culakabahu IPAL aerobik terpasang Hidrogenerator + CH ₄ HOC Air limbah, rumah, dan bus (1 per 1)																							

Gambar 2.29. Estimasi Tingkat Emisi CH₄ (2010 – 2030) dalam Skenario BAU.

Jika dilakukan secara manual, dengan Lembar Kerja IPCC, maka emisi CH_4 dari pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik pada tahun y , dengan contoh langkah perhitungan sbb:

Langkah-1**Hitung material organik *degradable* dalam air limbah (TOW)**

Sector	Waste		
Category	Domestic Wastewater Treatment and Discharge		
Category Code	4D1		
Sheet	1 of 3 Estimation of Organically Degradable Material in Domestic Wastewater		
STEP 1			
	A	B	C
Region or City	Populasi	<i>Degradable organic component</i>	Material organik <i>degradable</i> dalam air limbah
	(P)	(BOD)	(TOW)
	kapita	(kg BOD/kapita/tahun)	(kg BOD/tahun)
			C = A x B
Kota "X"	1.662.893	14,6	24.278.238
Total			24.278.238

Langkah-2

Hitung TOW untuk setiap tipe/jalur pengolahan & pembuangan air limbah:

Material organik degradable dalam air limbah	Jalur pengolahan/ pembuangan, j	Fraksi populasi, U_i		Tingkat pemanfaatan, T_{ij}		$U_i \cdot T_{ij}$	Faktor koreksi untuk pembuangan BOD industri ke sewer	TOW setiap jalur pengolahan/ pembuangan
TOW		Rural	Urban	Rural	Urban	T_j	I	TOW_j
(kg BOD/yr)								(kg BOD/tahun)
(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)=[(6)*(8)]+[(7)*(9)]	(11)	(12)=(4)*(10)*(11)
24.278.238	Septic tank	0%	100%		87,83%	87,83%	1,00	21.323.576
	Cubluk & Latrin				2,84%	2,84%	1,00	689.502
	IPAL aerobik terpusat				0,94%	0,94%	1,25	285.269
	Biodiegester					0,00%	1,00	0
	Kolam					0,00%	1,00	0
	Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)				8,39%	8,39%	1,00	2.036.944
					100,00%			

Langkah-3

Hitung TOW dari efluen air limbah (terolah) yang masuk ke badan air

Material organik degradable dalam air limbah	Jalur pengolahan/ pembuangan, j	Tingkat pemanfaatan ($U_i \cdot T_{ij}$)	$TOW_{REM,j}$	Total organik dlm effluen limbah cair (terolah) yang dibuang ke badan air
TOW		T_j		TOW. T_j . (1-TOWREM,j)
(kg BOD/yr)				(kg BOD/tahun)
(4)	(5)	(10)	(13)	(14)=(4)*(10)*[(1)-(13)]
24.278.238	Septic tank	87,83%	0,625	7.996.341
	Cubluk & Latrin	2,84%	0,70	206.851
	IPAL aerobik terpusat	0,94%	0,85	34.232
	Biodigester	0,00%	0,85	0
	Kolam	0,00%	0,00	
	Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)	8,39%	0	

Langkah-4**Hitung jumlah lumpur yang disisihkan di IPAL aerobik dan tangki septik:**

Material organik degradable dalam air limbah	TOW setiap jalur pengolahan/pembuangan	Lumpur yang disisihkan sebagai massa kering di IPAL Aerobik	Faktor lumpur	Komponen organik yang disisihkan dalam bentuk lumpur pada IPAL aerobik	Fraksi populasi yg mengelola septic tank dgn pengurusan lumpur sesuai standar.	Komponen organik yang disisihkan dalam bentuk lumpur dlm sistem septik	Komponen organik yg disisihkan sebagai lumpur, dr sistem pengolahan dan pembuangan, j
	TOW_j	S_{mass}	K_{rem}	S_{aerob}	F	S_{septic}	S_j
	(kg BOD/tahun)	(ton/tahun)	(kg BOD/kg lumpur)	(kg BOD/tahun)		(kg BOD/thn)	(kg BOD/tahun)
(5)	(12)	(16)	(17)	(18)=(16)*(17)*1000	(19)	(20)=(12)*(17)*(19)	(21) = (18) atau (20)
Septic tank	21.323.576		0,50		10%	1.066.179	1.066.179
Cubluk & Latrin	689.502						
IPAL aerobik terpusat	285.269	0	0,80	0			0
Biodiegester	0		1,00				
Kolam	0						
Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)	2.036.944						

Langkah-5

Hitung emisi CH₄ dari pengolahan & pembuangan air limbah domestik:

Jalur pengolahan/ pembuangan, j	TOW setiap jalur pengolahan/ pembuangan	Total organik dlm effluen limbah cair (terolah) yang dibuang ke badan air	Komponen organik yg disisihkan sebagai lumpur, dr sistem pengolahan dan pembuangan, j	Faktor emisi (plant)	Faktor emisi (badan air)	Jumlah CH ₄ yang di-recovery atau di-flare dari sistem pengolahan dan pembuangan, j	Emisi CH ₄ dari sistem pengolahan dan pembuangan j	
	TOW _j	TOW _{EFFtreat}	S _j	EFj, plant	EFj, effluen	R _j	Pengolahan	Pembuangan ke badan air (effluen IPAL & tidak terolah)
	(kg BOD/ tahun)	(kg BOD/tahun)	(kg BOD/tahun)	(kg CH ₄ /kg BOD)		(kg CH ₄ /tahun)	(kg CH ₄ / tahun)	(kg CH ₄ /tahun)
(5)	(12)	(14)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24) = {[(12) - (20)] * (21) } - (23)	(25) = [(14) - (20)] * (22)
Septic tank	21.323.576	21.323.576	1.066.179	0,300	0,068	0	6.077.219	1.377.503
Cubluk & Latrin	689.502	689.502		0,420	0,068		289.591	46.886
IPAL aerobik terpusat	285.269	285.269	0	0,018	0,068		5.135	19.398
Biodiegester	0	0				0	0	0
Kolam	0			0,3	0,3			0
Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)	2.036.944			0,068	0,068			138.512
				Total emisi CH ₄ (kg CH ₄ /tahun)			6.371.945	1.443.787
				Total emisi CH ₄ (ton CH ₄ /tahun)			6.372	1.444

A

Emisi N₂O dari pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik didasarkan pada total nitrogen yang terdapat di dalam limbah cair. Total Nitrogen merupakan perkalian antara jumlah penduduk dan konsumsi protein per kapita. Lembar Kerja dari CCROM IPB dapat secara otomatis menghitung emisi N₂O dalam skenario BAU (dalam sheet 4D1_N₂O), seperti terlihat dalam Gambar 2.30.

Estimasi emisi indirect N₂O per jalur pengolahan/pembuangan: Skenario Baseline

Tahun	Jumlah Penduduk (jari)	Konsumsi Protein (kg/yr/ind)	Total nitrogen dalam limbah cair domestik (kg N/tahun)	Jalur pengolahan/pembuangan	Faksi populasi, U _i	Tingkat pemanfaatan, U _i	T ₁ = Σ U _i · T _i	Faktor Emisi part. F _i	Emisi N ₂ O dari IPAL domestik, N ₂ O _{domestik} (kg N ₂ O/tahun)	Faksi penyusutan nitrogen per jenis pengolahan, N ₂ O _{recovery}	Emisi N ₂ O dari limbah cair yang dibuang ke lingkungan, N ₂ O _{effluent} (kg N ₂ O/tahun)	Faktor emisi untuk emisi N ₂ O dari limbah cair yang dibuang ke sistem sanitasi, U _{effluent}	Emisi N ₂ O dari effluent limbah cair domestik, N ₂ O _{effluent} (kg N ₂ O/tahun)
2010	628,189	28	4,108,656	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.653	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,003
2011	637,873	28	4,119,868	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.671	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,077
2012	647,403	28	4,128,221	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.686	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,138
2013	656,778	27	4,136,732	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.698	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,188
2014	666,223	27	4,143,648	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.710	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,235
2015	675,440	27	4,148,742	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.718	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,267
2016	684,183	26	4,149,993	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.720	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,275
2017	692,793	26	4,148,759	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.719	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	27,274
2018	700,969	27	4,363,862	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	7.096	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	26,681
2019	708,096	27	4,431,701	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.74% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	7.176	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	26,126
2020	658,020	26	3,896,848	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.80% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.02 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.472	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	26,301
2021	661,070	26	3,908,023	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	1.84% 89.85% 6.44% 0.00% 0.00%	0.03 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.528	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	25,900
2022	663,870	24	3,725,163	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.087	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	24,681
2023	668,032	24	3,896,838	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.049	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	24,386
2024	670,069	24	3,896,348	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	0.001	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	24,193
2025	673,100	23	3,537,200	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.894	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	24,001
2026	676,205	23	3,508,492	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.908	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	23,811
2027	679,324	23	3,579,863	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.880	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	23,622
2028	682,458	23	3,551,490	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.813	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	23,435
2029	685,586	22	3,523,342	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.767	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	23,249
2030	688,769	22	3,495,418	Septic tank Cubukafatime IPAL aerobik terpusat Biodegestor + CH ₄ Gas Air laeuer, muara, dan laut (Tier 1)	Rural Urban	100%	3.75% 89.19% 6.51% 0.00% 0.00%	0.04 0.00 0.016 0.000 0.000	0.0000 0.0000 0.0010 0.0000 0.0000	5.721	0.15 0.15 0.1 0.4 0	0.005	23,065

Gambar 2.30. | Estimasi Tingkat Emisi N₂O (2010 – 2030) dalam Skenario BAU.

Nilai *default* yang digunakan dalam perhitungan emisi N₂O, adalah:

NO.	PARAMETER	QTY	UNIT
1	Fraksi nitrogen dalam protein, F_{NPR}	0,16	kg N/kg protein
2	Nitrogen tambahan dari produk rumah tangga ke limbah cair, N_{HH}	1,13	kg N/kg N
3	Faktor nitrogen dalam protein non-konsumsi yang dibuang ke sewer, $F_{NON-CON}$	1,02	
4	Faktor co-discharged protein (dengan industri dan komersial) ke sewer, $F_{IND-COM}$	1,25	kg N/kg N
5	Faktor konversi dari kg N ₂ O-N menjadi kg N ₂ O	1,57	

Langkah-1

Hitung total nitrogen dalam limbah cair domestik

Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Protein (kg/org/thn)	Total nitrogen dalam limbah cair domestik
		TN_{DOM}
		(kg N/tahun)
(1)	(2)	$(3)=(1)*(2)*F_{NPR}*N_{HH}*F_{NON-CON}*F_{IND-COM}$
1.662.893	22,90	8.778.869

Hitung emisi N₂O di IPAL domestik

Total nitrogen dalam limbah cair domestik, TN_{DOM}	Jalur pengolahan/pembuangan, j	Fraksi populasi, U_i		Tingkat pemanfaatan, T_{ij}		$T_j = \sum U_i \cdot T_{ij}$	Faktor Emisi plant. $EF_{j, PLANT}$	Emisi N_2O dari IPAL domestik, $N_2O_{PlantsDOM}$
								$U_i \cdot T_{ij} \cdot EF_j$
(kg N/tahun)		Rural	Urban	Rural	Urban	Total	(kg N_2O -N/kg N)	(kg N_2O /tahun)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)=[(5)*(7)]+[(6)*(8)]	(10)	(11)=(3)*(9)*(10)
8.778.869	Septic tank	0%	100%		87,83%	87,83%	0	0
	Cubluk & Latrin				2,84%	2,84%	0	0
	IPAL aerobik terpusat				0,94%	0,94%	0,016	1320
	Biodiegester				0,00%	0,00%	0	0
	Kolam				0,00%	0,00%		
	Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)				8,39%	8,39%		
Total Emisi N_2O di IPAL (kg N_2O /tahun)								1320
Total Emisi N_2O di IPAL (ton N_2O /tahun)								1,32

Langkah-3

Hitung emisi N₂O di badan air

Total nitrogen dalam limbah cair domestik	Jalur pengolahan/pembuangan	Tingkat pemanfaatan	Fraksi penyisihan nitrogen per jenis pengolahan j	Total nitrogen dalam effluen limbah cair yang dibuang ke lingkungan akuatik	Faktor emisi untuk emisi N ₂ O dari limbah cair yang dibuang ke sistem perairan	Emisi N ₂ O dari effluen limbah cair domestik
TN _{DOM}	j	T _{ij}	N _{REM,j}	N _{EFFLUENT, DOM}	EF _{EFFLUENT}	N _{2O} _{EFFLUENT, DOM}
(kg N/tahun)				(kg N/tahun)	kg N _{2O} -N/kg N	kg N ₂ O/tahun
(3)	(4)	(9)	(12)	(13) = [(3)*(9)]*[1-(12)]	(14)	(15) = (13)*(14)*(44/28)
8.778.869	Septic tank	87,83%	0,15	6.553.908	0,005	51.495
	Cubluk & Latrin	2,84%	0,12	219.401	0,005	1.724
	IPAL aerobik terpusat	0,94%	0,40	49.513	0,005	389
	Biodiegester	0,00%	0,40	0	0,005	0
	Kolam	0,00%	0,40	0	0,005	0
	Air tawar, muara, dan laut (Tier 1)	8,39%	0,00	736.547	0,005	5.787
Total Emisi N ₂ O di badan air (kg N ₂ O/tahun)						51.495
Total Emisi N ₂ O di badan air (ton N ₂ O/tahun)						51,49

2.4.3. EMISI CH₄ DAN N₂O DARI PENGOLAHAN DAN PEMBUANGAN LIMBAH CAIR INDUSTRI

Potensi produksi CH₄ dari pengolahan dan pembuangan limbah cair industri didasarkan pada konsentrasi bahan organik yang dapat terdegradasi dalam limbah cair dan volume limbah cair, yang akan menghasilkan nilai total organik yang dapat terdegradasi dalam limbah cair (TOW). Sedangkan nilai Faktor Emisi ditentukan berdasarkan tipe jalur/ sistem pengolahan dan pembuangan limbah cair industri.

Emisi CH₄ dan N₂O dari Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Industri

Berdasarkan input data dan proyeksi jumlah produksi 2010 – 2030 (**Gambar 2.31**), dapat diestimasi volume limbah cair dan dijustifikasi nilai COD_{inlet} (dengan nilai *default*), sehingga bisa dihitung nilai TOW. Contoh hasil estimasi TOW dan emisi CH₄ tersaji pada **Gambar 2.32**. Jika tidak terdapat *methane recovery* di IPAL Industri, maka emisi yang dimodelkan termasuk ke dalam

Skenario BAU. Artinya, tanpa *methane recovery*, tingkat emisi *baseline* akan sama dengan tingkat emisi inventori (pada tahun inventori). Proyeksi data aktifitas untuk skenario *baseline*, dilakukan berdasarkan perubahan data PDRB ADHK 2010 dan data produksi tahun terakhir (2022), sebagai contoh proyeksi produksi tahun 2030 adalah:

$$\text{Produksi}_{2030} = \frac{\text{Proyeksi PDRB}_{2030} * \text{Produksi}_{2022}}{\text{PDRB}_{2022}}$$

Sedangkan estimasi total nitrogen dan emisi N₂O pada proses pengolahan di IPAL dan pembuangan effluen IPAL, yang akan tergenerate secara otomatis jika menggunakan Lembar Kerja yang disediakan oleh CCROM IPB, tersaji dalam **Gambar 2.33**.

Jika dilakukan secara manual, dengan Lembar Kerja IPCC, maka emisi CH₄ dari pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik pada tahun y. Contoh perhitungan emisi CH₄ dari industri

susu dan pengolahan ikan di Kota X. Produksi susu adalah 30.000 ton, sedangkan dari produksi dari industri pengolahan ikan adalah 100.000 ton. IPAL pabrik susu menggunakan aerobik treatment plant (*well managed*), sedangkan pabrik pengolahan ikan menggunakan *anaerobic digester*. Tidak tercatat aktivitas *methane recovery* di kedua industri ini. Diketahui bahwa *flow rate* limbah cair dan COD untuk kedua industri ini, adalah:

- 5 m³/ton produk untuk industri (produk) susu, dengan COD = 2,7 kg COD/m³; dan
- 10 m³/ton produk untuk industri pengolahan ikan, dengan COD = 2,5 kg COD/m³.

Data *sludge removal* di kedua industri ini, adalah:

- 100.000 kg COD untuk industri (produk) susu; dan
- 500.000 kg COD untuk pengolahan ikan

Produksi Industri: Skenario Baseline

Tahun	PDRB ADHK 2010 (Rp. Milyar)	Total produksi (ton) per sektor Industri																				
		Refinasi Alkohol	Bir & Malt	Kopi	Produk susu	Pengolahan Ikan (fish processing)	Daging & unggas	Kimia Organik (Berbasis fosil)	Kilang Minyak	Plastik & Resin	Pulp & paper	Sabun & Deterjen	Produksi tepung/pati	Pemurnian Gula	Minyak Nabati	Minyak goreng sawit dan margarin	Oleokimia berbasis sawit	Produksi Biodiesel	Sayuran, Buah & Jus	Cuka & anggur	CPO	Gula (Tebu)
2010	2.837	0	0	0	0	259.973	0	11.915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.273
2011	2.887	0	0	0	0	264.537	0	12.124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.963
2012	2.981	0	0	0	0	273.187	0	12.521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41.269
2013	3.081	0	0	0	0	282.360	0	12.941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.655
2014	3.145	0	0	0	0	288.196	0	13.208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.537
2015	3.237	0	0	0	0	296.685	0	13.597	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44.816
2016	3.381	0	0	0	0	309.852	0	14.201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.808
2017	3.590	0	0	0	0	329.017	0	15.079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.703
2018	3.796	0	0	0	0	347.880	0	15.944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.553
2019	4.014	0	0	0	0	367.846	0	16.859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.569
2020	3.766	0	0	0	0	365.962	0	21.925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.569
2021	3.920	0	0	0	0	442.789	0	19.978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.233
2022	4.071	0	0	0	0	468.662	0	14.272	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.692
2023	4.195	0	0	0	0	482.894	0	21.376	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.538
2024	4.322	0	0	0	0	497.558	0	22.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.073
2025	4.453	0	0	0	0	512.688	0	22.694	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53.655
2026	4.588	0	0	0	0	526.236	0	23.383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55.284
2027	4.728	0	0	0	0	544.278	0	24.093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.963
2028	4.871	0	0	0	0	560.806	0	24.825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58.693
2029	5.019	0	0	0	0	577.836	0	25.579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.475
2030	5.172	0	0	0	0	595.384	0	26.356	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.311

Gambar 2.31. | Input Data dan Proyeksi Data Produksi per Tipe Industri

Sektor Industri	Tipe pengolahan atau pembuangan	Total produk industri	Flow rate limbah cair	Chemical Oxygen Demand	Total organic degradable material dalam limbah cair	Lumpur yang disisihkan	Faktor emisi untuk tiap sistem pengolahan	CH ₄ Recovery	Emisi CH ₄ Netto di IPAL	Tingkat pemanfaatan sistem pengolahan/ pembuangan i	Total organik dim effluen limbah cair yang dibuang ke badan air	Faktor emisi (effluen IPAL ke badan air)	Emisi CH ₄ dan effluen IPAL ke badan air
		(P) (t _{product})	(W) (m ³ /t _{product})	(COD) (kgCOD/m ³)	(TOW) (kg COD)	(S) (kg COD)	(EF) (kg CH ₄ /kg COD)	(R _i) (kg CH ₄)	(ton CH ₄)		TOW _{EFFluent} (kg COD)	Ef _i (kg CH ₄ /kg COD)	(ton CH ₄)
		(P) (t _{product})	(W) (m ³ /t _{product})	(COD) (kgCOD/m ³)	(TOW) (kg COD)	(S) (kg COD)	(EF) (kg CH ₄ /kg COD)	(R _i) (kg CH ₄)	(ton CH ₄)		TOW _{EFFluent} (kg COD)	Ef _i (kg CH ₄ /kg COD)	(ton CH ₄)
Refinasi Alkohol	Aerobic treatment plant	0	24	11	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Bir & Malt	Aerobic treatment plant	0	7.6	2.9	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Kopi	Aerobic treatment plant	0	30	9	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Produk susu	Aerobic treatment plant	0	5	2.7	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Pengolahan Ikan (fish processing)	Anaerobic digester for sludge	259,973	10	2.5	6,499,332		0.2	1,299.87	0.85	1	974,900	0.028	27.30
Daging & unggas	Anaerobic digester for sludge	0	13	4.1	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Kimia Organik (Berbasis fosil)	Anaerobic reactor	11,915	67	3	2,394,917		0.2	478.98	0.85	1	359,238	0.028	10.06
Kilang Minyak	Anaerobic digester for sludge	0	0.6	1	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Plastik & Resin	Aerobic treatment plant	0	0.6	3.7	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Pulp & paper	Aerobic treatment plant	0	50	5	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Sabun & Deterjen	Aerobic treatment plant	0	3	1.2	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Produksi tepung/pati	Anaerobic shallow lagoon	0	30	10	0		0.05	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Pemurnian Gula	Anaerobic shallow lagoon	0	9	3.2	0		0.05	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Minyak Nabati	Anaerobic digester for sludge	0	25	1.2	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Minyak goreng sawit dan margarin	Anaerobic deep lagoon	0	3	1.2	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Oleokimia berbasis sawit	Anaerobic deep lagoon	0	3	1.2	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Produksi Biodiesel	Anaerobic deep lagoon	0	3	1.2	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Sayuran, Buah & Jus	Aerobic treatment plant	0	20	5	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Cuka & anggur	Aerobic treatment plant	0	23	1.5	0		0.0125	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
CPO	Anaerobic deep lagoon	0	3	50	0		0.2	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Gula (Tebu)	Anaerobic shallow lagoon	0	5.5	3	0		0.05	0.00	0.85	1	0	0.028	0.00
Karet remah	Aerobic treatment plant	39,273	40	6	9,425,546		0.0125	117.82	0.85	1	1,413,832	0.028	39.59
							Total 2010	1,896.67				Total 2010	76.94

Gambar 2.32. | Estimasi nilai TOW dan Tingkat Emisi CH₄ dari Pengolahan di IPAL dan Pembuangan (Effluen) IPAL ke Badan Air.

Emisi CH₄ dan N₂O dari Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Industri

Langkah 1:

Hitung material total organic degradable dalam limbah cair industri (TOW_i)

Debit limbah per ton produk dapat digunakan jika volume limbah cair (senyatanya) belum tercatat.

Industrial sector	Total industry product	Wastewater generated	Chemical Oxygen Demand	Total organic degradable material in wastewater for each industry sector
	(P _i)	(W _i)	(COD _i)	(TOW _i)
Units	(t _{product} /yr)	(m ³ /t _{product})	(kgCOD/m ³)	(kg COD/yr)
(1)				(3)
Dairy Products	30.000	5,0	2,7	405.000
Fish Processing	100.000	10,0	2,5	2.500.000

Langkah 2:

Hitung emisi metana di IPAL

Industrial sector	Type of treatment or discharge pathway	Total organic degradable material in wastewater for each industry sector	Sludge removed in each industry sector	Emission factor for each treatment system	Recovered CH ₄ in each industry sector	Net methane emissions, PLANT	
		(TOW _i)	(S _i)	(EF _i)	(R _i)	(kg CH ₄ /yr)	(ton CH ₄ /yr)
Units		(kg COD/yr)	(kg COD/yr)	(kg CH ₄ /kg COD)	(kg CH ₄ /yr)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Dairy Products	Aerobic treatment plant	405.000	100.000	0,00	0	0	0,00
Fish Processing	Anaerobic digester for sludge	2.500.000	500.000	0,20	0	400.000	400,00
			Total emisi metana di IPAL			403.813	400,00

Langkah 3:

Hitung emisi metana di badan air

Industrial sector	Type of treatment or discharge pathway	Total organic degradable material in wastewater for each industry sector	$TOW_{REM,j}$	Tingkat pemanfaatan sistem pengolahan/pembuangan j, untuk tiap industri i	Total organik dlm effluen limbah cair (terolah) yang dibuang ke badan air	Faktor emisi (effluen IPAL ke badan air)	Emisi CH ₄ dari effluen IPAL ke badan air
		(TOW_i)		T_{ij}	$TOW_{EFFtreat}$	E_{fj}	
Units		(kg COD)			(kg COD)	(kg CH ₄ /kg COD)	(ton CH ₄)
(1)	(2)	(3)	(9)	(10)	$(11)=(3)*(10)*[1-(9)]$	(12)	$(13)=(11)*(12)*10^{-3}$
Dairy Products	Aerobic treatment plant	405.000	0,85	100%	60.750	0,028	1,70
Fish Processing	Anaerobic digester for sludge	2.500.000	0,85	100%	375.000	0,028	10,50
Total emisi metana							12,20

Sektor Industri	Total produk industri	Flow rate limbah cair	Total Nitrogen dalam limbah cair	Total nitrogen dalam limbah cair yang masuk ke IPAL industri	Tipe pengolahan atau pembuangan	Tingkat pemanfaatan sistem pengolahan/ pembuangan j	Faktor emisi sistem pengolahan j	Emisi N ₂ O di IPAL industri	Fraksi penyisihan nitrogen per jenis pengolahan j	Total nitrogen dalam effluen limbah cair industri	Faktor emisi N ₂ O dari air limbah dibuang ke perairan	Emisi N ₂ O dari effluen limbah cair industri
	P _i	W _i	TN	TN _{INDI}		T _{ik}	EF _j	N ₂ O _{PlantsIND}	N _{REMI}	N _{EFFLUENT,IND}	EF _{EFFLUENT}	N ₂ O _{effluentIND}
	(ton _{produk})	(m ³ /ton _{produk})	(kg/m ³)	(kg TN)			(kg N ₂ O-N/kg N)	(ton N ₂ O)		(kg N)	(kg N ₂ O-N/kg N)	(ton N ₂ O)
Refinasi Alkohol	0	24	2.4	0.00	Aerobic treatment plant	1	0.016	0.00	0.4	0.00	0.005	0.00
Bir & Malt	0	7.6	0.055	0.00	Aerobic treatment plant	1	0.016	0.00	0.4	0.00	0.005	0.00
Kopi	0	30		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Produk susu	0	5		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Pengolahan Ikan (fish processing)	259,973	10	0.6	1,559,839.68	Anaerobic digester for sludge	1	0	0.00	0.4	935,903.81	0.005	7.35
Daging & unggas	0	13	0.19	0.00	Anaerobic digester for sludge	1	0	0.00	0.4	0.00	0.005	0.00
Kimia Organik (Berbasis fosil)	11,915	67		0.00	Anaerobic reactor	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Kilang Minyak	0	0.6		0.00	Anaerobic digester for sludge	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Plastik & Resin	0	0.6	0.25	0.00	Aerobic treatment plant	1	0.016	0.00	0.4	0.00	0.005	0.00
Pulp & paper	0	50		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Sabun & Deterjen	0	3		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Produksi tepung/pati	0	30	0.9	0.00	Anaerobic shallow lagoon	1	0	0.00	0.4	0.00	0.005	0.00
Pemurnian Gula	0	9		0.00	Anaerobic shallow lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Minyak Nabati	0	25		0.00	Anaerobic digester for sludge	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Minyak goreng sawit dan margarin	0	3		0.00	Anaerobic deep lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Oleokimia berbasis sawit	0	3		0.00	Anaerobic deep lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Produksi Biodiesel	0	3		0.00	Anaerobic deep lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Sayuran, Buah & Jus	0	20		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Cuka & anggur	0	23		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
CPO	0	3		0.00	Anaerobic deep lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Gula (Tebu)	0	5.5		0.00	Anaerobic shallow lagoon	1		0.00		0.00	0.005	0.00
Karet remah	39,273	40		0.00	Aerobic treatment plant	1		0.00		0.00	0.005	0.00
							Total	0.00			Total 2010	7.35

Gambar 2.33. | Estimasi Total Nitrogen dan Emisi N₂O akibat Pengolahan di IPAL dan Pembuangan Effluen di Badan Air

Jika dilakukan secara manual, dengan Lembar Kerja IPCC, maka emisi N_2O dari pengolahan dan pembuangan limbah cair domestik pada tahun y . Contoh perhitungan emisi N_2O dari industri susu dan pengolahan ikan di Kota X, dengan produksi susu sebesar 30.000 ton, dan produksi dari industri pengolahan ikan sebesar 100.000 ton, adalah:

Langkah 1: Hitung emisi metana di badan air

No.	Sektor Industri	Total produk industri	Flow rate limbah cair	Total Nitrogen	Nitrogen total dalam limbah cair yang masuk ke IPAL industri i ,
		P_i	W_i	TN	TN_{INDi}
		(ton _{product} /tahun)	(m ³ /ton _{product})	(kg/m ³)	(kg TN/tahun)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(3)*(4)*(5)
1	Dairy Products	30.000	5,00	0,00	0
2	Fish Processing	100.000	10,00	0,60	600.000

Langkah 2: Hitung emisi N_2O di IPAL industri

No.	Sektor Industri	Nitrogen total dalam limbah cair yang masuk ke IPAL industri i ,	Type of treatment or discharge	Tingkat pemanfaatan sistem pengolahan/ pembuangan j , untuk tiap industri i	Faktor emisi untuk sistem pengolahan dan pembuangan j ,	Emisi N_2O dari IPAL industri
		TN_{INDi}		T_{ij}	EF_j	$N_2O_{PlantsIND}$
		(kg TN/tahun)			(kg N_2O -N/kg N)	
(1)	(2)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)=(6)*(8)*(9)
1	Dairy Products	0	Aerobic treatment plant	100%	0,0160	0,0000
2	Fish Processing	600.000	Anaerobic digester for sludge	100%	0,0000	0,0000

Langkah 3:**Hitung emisi N₂O di badan air akibat effluen IPAL industri**

No.	Sektor Industri	Nitrogen total dalam limbah cair yang masuk ke IPAL industri i,	Type of treatment or discharge	Tingkat pemanfaatan sistem pengolahan/pembuangan j, untuk tiap industri i	Fraksi penyisihan nitrogen per jenis pengolahan j	Total nitrogen dalam effluen limbah cair industri	Faktor emisi N ₂ O dari air limbah yang dibuang ke sistem perairan,	Emisi N ₂ O dari effluen limbah cair industri
		TN _{INDI}		T _{ij}	N _{REM,j}	N _{EFFLUENT, IND}	EF _{EFFLUENT}	N _{2O} _{effluentIND}
		(kg TN)				(kg N)	(kg N ₂ O-N/kg N)	(ton N ₂ O)
(1)	(2)	(6)	(7)	(8)	(12)	(13)=(6)*(8)*[1-(12)]	(14)	(15)=(13)*(14)*(44/28)*10 ⁻³
1	Dairy Products	0	Aerobic treatment plant	100%	0,4	0	0,005	0,00
2	Fish Processing	600.000	Anaerobic digester for sludge	100%	0,4	360.000	0,005	2,83
							Total Emisi N₂O	2,83

2.4.4. TREN EMISI BASELINE KOTA 'X' (SEKTOR LIMBAH)

Dalam Lembar Kerja yang disediakan tim CCROM IPB, tren emisi *baseline* (2010 – 2030) disajikan dalam menu Output, baik disajikan per tipe gas (**Gambar 2.34**), maupun dalam akumulasi dari semua gas (**Gambar 2.35**). Sebagai catatan, akumulasi memerlukan penyetaraan dari semua gas ke dalam CO₂e. Metrik Global Warming Potential (GWP) digunakan untuk penyetaraan ke dalam unit CO₂e, dan nilai GWP dapat dipilih pada sheet GWP (**Gambar 2.36**). Sebagai contoh, dengan GWP CH₄ = 21, maka emisi di landfill TPA tahun 2030 diproyeksikan sebesar 7,3424 Gg CH₄, yang setara dengan: 7,3424 Gg CH₄ * 1000 ton/Gg * 21 CO₂e/CH₄ = 154.191 ton CO₂e. **Gambar 2.37** memperlihatkan tren emisi Kota X dalam Skenario *Baseline*.

STATUS EMISI GRK 2010 - 2030: SKENARIO BASELINE

Tahun	Emisi GRK per sumber per gas (ton CO ₂ e)												
	4A SWDS	4B: Pengolahan Biologis		4C1: Insinerasi			4C2: Open Burning			4D1: Limbah Cair Domestik		4D2: Limbah Cair Industri	
	CH ₄	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
2010	82,926	0	0	0	0	0	882	598	204	77,668	10,433	41,446	2,280
2011	84,222	0	0	0	0	0	896	607	207	78,864	10,462	42,173	2,320
2012	86,652	0	0	0	0	0	909	616	210	80,043	10,486	43,552	2,395
2013	89,841	0	0	0	0	0	922	625	213	81,202	10,505	45,015	2,476
2014	93,536	0	0	0	0	0	933	634	216	82,369	10,523	45,945	2,527
2015	97,052	0	0	0	0	0	946	643	219	83,509	10,535	47,295	2,601
2016	101,049	0	0	0	0	0	958	651	222	84,590	10,538	49,398	2,717
2017	105,351	0	0	0	0	0	970	660	225	85,654	10,538	52,453	2,885
2018	109,851	0	0	0	0	0	978	667	227	86,653	11,081	55,460	3,050
2019	114,335	0	0	27,664	442	0	652	445	152	87,610	11,254	58,643	3,225
2020	120,493	0	0	7,605	105	0	439	300	102	81,434	10,159	62,808	3,209
2021	126,544	0.0	0.0	21,837	282	0	222	151	52	82,326	9,997	68,664	3,883
2022	131,879	0	0	30,453	395	0	112	77	26	81,899	9,510	66,979	4,109
2023	136,734	0	0	31,399	407	0	113	77	27	82,277	9,435	74,447	4,234
2024	140,566	0	0	32,373	419	0	113	77	27	82,657	9,360	76,708	4,363
2025	143,691	0	0	33,378	432	0	114	78	27	83,038	9,286	79,037	4,495
2026	146,323	0	0	34,414	446	0	114	78	28	83,421	9,212	81,437	4,632
2027	148,605	0	0	35,482	460	0	115	78	28	83,806	9,139	25,561	87
2028	150,636	0	0	36,584	474	0	115	79	28	84,193	9,067	26,337	90
2029	152,483	0	0	37,719	489	0	116	79	29	84,581	8,995	27,137	92
2030	154,191	0	0	38,890	504	0	116	79	29	84,971	8,924	27,961	95

Gambar 2.34. | Rekapitulasi Emisi per Tipe Gas dalam Skenario BAU

PROYEKSI TREN EMISI GRK DALAM SKENARIO BASELINE

Tahun	Tingkat emisi GRK (ton CO2e)							Penduduk	Intensitas emisi
	4A: SWDS	4B: Pengolahan Biologis	4C1: Insinerasi	4C2: Pembakaran Terbuka	4D1: Limbah Cair Domestik	4D2: Limbah Cair Industri	Baseline		
							ton CO2e/kapita)		
2010	82,926	0	0	1,684	88,102	43,725	216,437	628,199	0.34
2011	84,222	0	0	1,710	89,326	44,493	219,751	637,873	0.34
2012	86,652	0	0	1,736	90,528	45,948	224,864	647,403	0.35
2013	89,841	0	0	1,761	91,706	47,491	230,798	656,778	0.35
2014	93,536	0	0	1,783	92,892	48,472	236,683	666,223	0.36
2015	97,052	0	0	1,808	94,044	49,897	242,801	675,440	0.36
2016	101,049	0	0	1,831	95,128	52,115	250,124	684,183	0.37
2017	105,351	0	0	1,854	96,192	55,338	258,736	692,793	0.37
2018	109,851	0	0	1,873	97,734	58,511	267,969	700,869	0.38
2019	114,335	0	28,105	1,249	98,863	61,869	304,421	708,606	0.43
2020	120,493	0	7,710	841	91,593	66,017	286,654	658,020	0.44
2021	126,544	0	22,120	425	92,323	72,547	313,959	661,070	0.47
2022	131,879	0	30,848	215	91,410	71,089	325,440	663,870	0.49
2023	136,734	0	31,805	216	91,712	78,681	339,149	666,932	0.51
2024	140,566	0	32,793	217	92,017	81,071	346,664	670,009	0.52
2025	143,691	0	33,811	219	92,324	83,533	353,577	673,100	0.53
2026	146,323	0	34,860	220	92,634	86,069	360,106	676,205	0.53
2027	148,605	0	35,942	221	92,945	25,648	303,362	679,324	0.45
2028	150,636	0	37,058	222	93,260	26,427	307,602	682,458	0.45
2029	152,483	0	38,208	223	93,576	27,230	311,720	685,606	0.45
2030	154,191	0	39,394	225	93,895	28,056	315,761	688,769	0.46
Kenaikan 2010-2030							45.89%	2.29%	per tahun

Gambar 2.35. | Tren Tingkat dan Intensitas Emisi dalam Skenario BAU

GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP)

GWP yang digunakan

Second Assessment Report (SAR)

Second Assessment Report (SAR)

Fourth Assessment Report (AR4)

Fifth Assessment Report (AR5)

Nilai GWP dari beberapa laporan IPCC untuk 100-yr time horizon:

_ftn2	Nilai GWP untuk horizon masa 100 tahun		
	Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide (CO ₂)	1	1	1
Methane (CH ₄)	21	25	28
Nitrous oxide (N ₂ O)	310	298	265

GWP
Second Assessment Report (SAR)
Fourth Assessment Report (AR4)
Fifth Assessment Report (AR5)

>

...

Input

Parameters

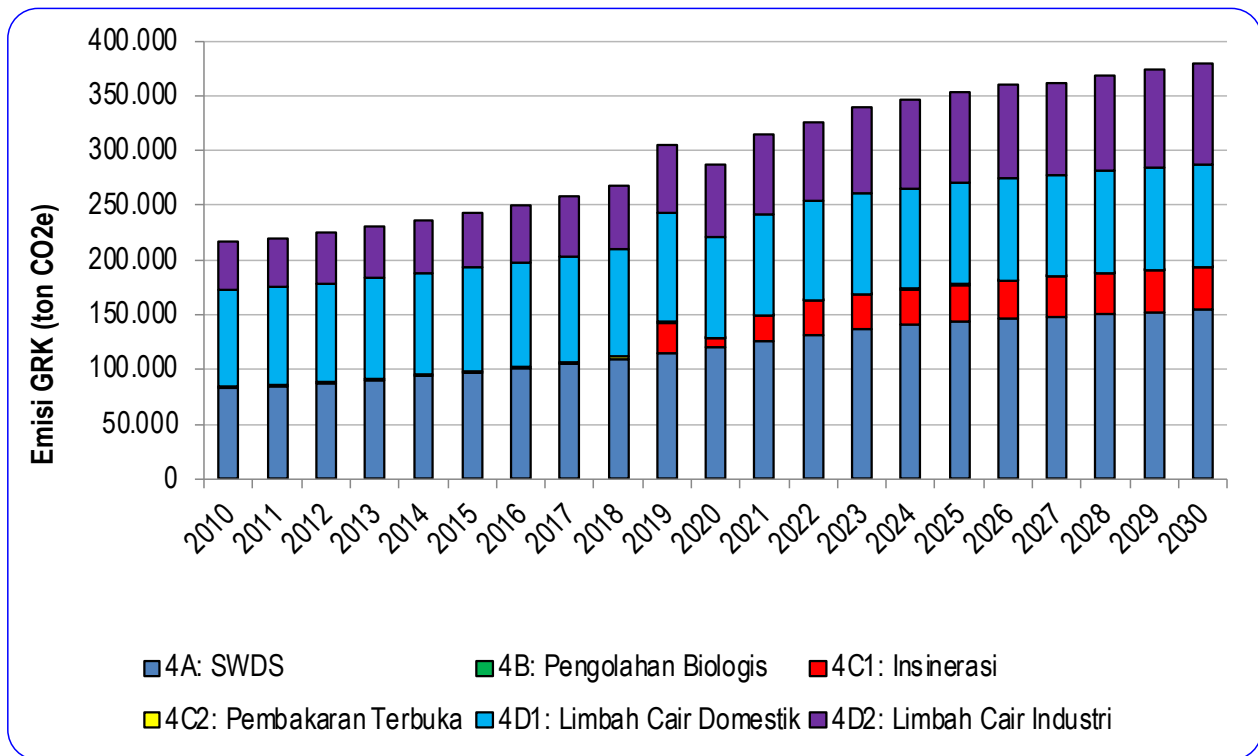
MCF

GWP

Activity

Dry_Matter_Content

Gambar 2.36. | Nilai GWP yang Dapat Dipilih.



Gambar 2.37. | Tren emisi 2010 – 2030 Sektor Limbah pada Skenario Baseline

BAB 3

PENUTUP



Penentuan emisi *baseline* merupakan kegiatan yang mendasari proses-proses selanjutnya; penentuan target reduksi emisi serta penentuan aksi mitigasi. Oleh karena itu, dibutuhkan emisi *baseline* yang handal dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Metode pendekatan yang digunakan dalam penetapan emisi *baseline* disesuaikan dengan ketersediaan data dan juga karakteristik dari masing-masing sumber emisi (sub-sektor),

karena pada beberapa sumber emisi, metode pendekatan tertentu tidak dapat diterapkan.

Mekanisme penyesuaian emisi *baseline* dapat dilakukan apabila diperlukan. Misalnya saja, pada awalnya emisi *baseline* dibuat berdasarkan data-data yang cukup lampau, sehingga nilai emisi *baseline* tersebut tidak lagi relevan dengan kondisi terkini. Emisi *baseline* tersebut dapat direvisi melalui perhitungan ulang, dengan catatan harus disertai penjelasan mengenai dasar perubahan emisi *baseline* yang dilakukan.

[MITIGASI]
MODUL 3
LATIHAN PENETAPAN
'BASELINE'



IPB University
— Bogor Indonesia —



Co-funded by the
European Union



**United Cities and
Local Governments
Asia-Pacific**

